



**Gabriel da Silva
Faísca**

**Acompanhamento das atividades de projeto e
construção de um equipamento robotizado**



**Gabriel da Silva
Faísca**

**Acompanhamento das atividades de projeto e
construção de um equipamento robotizado**

Relatório de Estágio apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestrado em Engenharia Mecânica, realizada sob orientação de Jorge Augusto Fernandes Ferreira, Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro.

O júri / The jury

Presidente / President

Prof. Doutor Vítor Manuel Ferreira dos Santos

Professor Associado do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

Vogais / Committee

Prof. Doutor Francisco Avelino da Silva Freitas

Professor Auxiliar do Departamento de Química da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor Jorge Augusto Fernandes Ferreira

Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro (orientador)

Agradecimentos / Acknowledgements

Ao Professor Jorge Ferreira pelo acompanhamento e disponibilidade ao longo do período de estágio.

Ao Engenheiro Francisco Proença, diretor industrial da Costa Verde, pelo acompanhamento, apoio prestado e pela oportunidade de realização do estágio.

A toda a equipa de manutenção da Costa Verde, Sr. Paulo Amado, Sr. José Lopes, Sr. António Carlos, Sr. Daniel Calhabéu, Sr. Mário Telmo e especialmente Sr. Telmo Pereira pelo acolhimento, integração, apoio e transmissão de experiência e conhecimentos.

A toda a equipa de IDI (investigação, desenvolvimento e inovação) da Costa Verde, nomeadamente aos *designers* Catarina Sousa e Hugo e ao Sr. Vítor pela cedência de parte do espaço do seu gabinete proporcionando um excelente espaço de trabalho e pelo apoio e disponibilidade demonstrada.

Aos restantes colaboradores da Costa Verde pela constante boa disposição e amizade criada.

Ao Edgar Mendes, parceiro de estágio, pelo auxílio fundamental, acompanhamento e amizade durante todo o período de estágio.

À Universidade de Aveiro e ao Departamento de Engenharia Mecânica pelo acompanhamento ao longo de todo o trajeto académico.

Aos meus amigos pela amizade, companheirismo e apoio.

À Marta, pela força, motivação e cumplicidade.

Muito em especial aos meus pais, irmã e restantes familiares pelo incondicional apoio, carinho, motivação, educação, esforço e pela oportunidade concedida.

Palavras-chave

Estação de colagem; barbotina; cilindro; válvula;

Resumo

O presente relatório de estágio traduz o trabalho realizado entre 21 de fevereiro de 2017 a 13 de junho de 2017 na empresa Porcelanas Costa Verde. Este insere-se na unidade curricular Dissertação/Projeto/Estágio do segundo semestre do quinto ano do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro.

Todas as atividades realizadas foram acompanhadas pelo Eng. Francisco Proença, diretor industrial da Costa Verde, pela equipa de manutenção, à qual fui integrado, principalmente pelo Sr. Telmo Pereira e ainda pela equipa de IDI (investigação, desenvolvimento e inovação).

O trabalho centrou-se no acompanhamento das atividades de projeto e construção de uma máquina de colagem de asas a chávenas, manipulada por um robô. Na construção foram reaproveitados parte dos componentes de duas outras máquinas, em que o processo de colagem é semelhante. Porém, nestas últimas a manipulação não é realizada por robôs, tratando-se portanto de uma evolução para um sistema robotizado. O projeto e construção da máquina foram realizados em parceria com a empresa Bresimar Automação. Foram reaproveitadas as estações de colagem de asas, válvulas de barbotina, eletroválvulas de ar comprimido e água, cilindros pneumáticos e sistemas multiplicadores de pressão de barbotina (membranas).

A participação iniciou-se com a compreensão do funcionamento da máquina e execução dos circuitos de alimentação de barbotina, ar comprimido e água. Posteriormente foi feita a triagem, limpeza, reparação e montagem dos componentes necessários para o funcionamento das estações de colagem, incluindo parte dos circuitos. Simultaneamente foi sendo feita a gestão de material para garantir a execução das reparações e montagens. Apesar de a empresa Bresimar Automação estar responsável pela realização do programa do autómato, optou-se por realizar um programa alternativo, com algumas simplificações. Realizou-se o diagrama funcional Graftet do programa e implementou-se o mesmo no TIA Portal.

Foram também realizadas outras atividades em paralelo com o projeto principal, algumas independentes outras relacionadas com o mesmo. Nomeadamente a implementação de sistema de humedificação de moldes, a substituição de um rolamento de um robô industrial e ainda a substituição de um sistema de cames por um autómato industrial.

No final do período de estágio o objetivo de ter a máquina totalmente montada foi parcialmente cumprido, visto que esta não ficou totalmente montada. Tal justifica-se por sucessivos atrasos de entrega de materiais, entre outros abordados nas conclusões do relatório. No entanto, o estágio no global foi bastante positivo pois o principal objetivo, o acompanhamento e participação no projeto e construção da máquina de asas, foi cumprido.

Keywords

Gluing station; ceramic slip; pneumatic cylinder; valve;

Abstract

This report resumes all the work done at the internship started on February 21st, 2017, and finished on June 13th, 2017, in the Porcelanas Costa Verde company. This internship is inserted in the curricular unit Dissertação/Projeto/Estágio, belonging to the second semester of the last year of the Master's degree in Mechanical Engineering of the University of Aveiro, Portugal.

All the activities made in the internship were followed by the Costa Verde industrial director, Eng. Francisco Proença, by the maintenance team, specially by Mr. Telmo Pereira, and also by the IDI team (investigation, development and innovation).

The internship was essentially focused in the monitoring and participation in the activities of project and construction of a cup wings glue machine, manipulated by a robot. For the construction were reused some of the components of other two old machines. In this old machines the gluing process is exactly the same, the main difference is that the manipulator isn't a robot. Therefore the new machine is an evolution for a robotic system. The project and construction of the machine were made in partnership with the Bresimar Automação company.

The components reused were: the gluing stations, ceramic slip valves (COAX), air and water valves, pneumatic cylinders and ceramic slip multiplier systems (diaphragms).

My participation started with the understanding of the operation of the machine, and execution of the alimentation circuits (compressed air, water and ceramic slip circuits). After that it was made the separation, cleaning, reparation and assembly of the necessary components for the operation of the gluing stations. Although the Bresimar Automação company is responsible for the execution of the PLC's program, it was decided to carry out an alternative program with some simplifications. It was made the Grafcet functional diagram of the program and then implemented in the TIA Portal software.

Parallelly to the main project were also conducted other independent activities. These activities were proposed by the maintenance team and were as follows: implementation of a mold humidification system, replacement of a mechanical camshaft system by an industrial programmable logic controller (PLC) and also the replacement of an industrial robot bearing.

In the end of the internship, one of the goals, that was having the machine fully assembled and working, was partially fulfilled. The assembly wasn't completed and this is justified by successive delays in the delivery of materials, among others discussed in the report's conclusions. However, globally analysing the internship, it's possible to say that it was very positive because the main goal, the monitoring and participation in the project and construction of the machine, was accomplished.

Conteúdo

I	Enquadramento e objetivos	1
1	Introdução	3
1.1	Processo de fabrico e colagem de asas	5
1.2	Estrutura do documento	7
2	Objetivos e tarefas previstas	9
2.1	Objetivos	9
2.2	Tarefas previstas	9
2.3	Ponto de partida, estado inicial	9
2.4	Final pretendido	11
3	A empresa Costa Verde	13
3.1	Missão e Visão da empresa	13
3.2	Certificações e responsabilidade social	13
3.3	Sistema produtivo da Costa Verde	14
3.4	Tecnologia e desenvolvimentos atuais	15
II	Planeamento das atividades e metodologia de trabalho	19
4	Gestão do projeto da máquina de asas	21
4.1	Cronograma	21
4.2	Análise de riscos	21
4.3	A3 de projeto	23
5	Estratégia e metodologia	25
5.1	Kaizen diário	25
5.2	Método de trabalho	26
III	Descrição das atividades desenvolvidas e resultados atingidos	27
6	Acompanhamento e participação no projeto de construção da máquina de asas	29
6.1	Análise e compreensão do funcionamento da antiga máquina de asas	29
6.2	Esquemas de alimentação de ar comprimido, água e barbotina	30
6.3	Triagem, transporte e organização dos componentes a recuperar	32
6.4	Listagem do material necessário para a máquina de asas	33

6.5	Desmontagem das estações de colagem	34
6.5.1	Procedimento geral de desmontagem	34
6.5.2	Problemas encontrados na desmontagem	37
6.5.3	Soluções encontradas	37
6.6	Limpeza das estações de colagem	40
6.6.1	Polimento	40
6.6.2	Outras alternativas de limpeza testadas	41
6.6.3	Limpeza e polimento das guias horizontais	42
6.7	Substituição de componentes das estações de colagem	43
6.7.1	Compressão horizontal	43
6.7.2	Compressão vertical	44
6.7.3	Aparadeiras	44
6.8	Desmontagem, limpeza e reparação/verificação de cilindros e válvulas . . .	44
6.8.1	Cilindros horizontais	44
6.8.2	Cilindros verticais	45
6.8.3	Cilindros dos multiplicadores	46
6.8.4	Válvulas COAX	46
6.9	Desmontagem da antiga máquina de asas	47
6.10	Montagem das estações de colagem	48
6.11	Início dos trabalhos nas mesas de suporte às estações	48
6.11.1	Posicionamento das mesas	48
6.11.2	Montagem das estações nas mesas	48
6.11.3	Montagem dos multiplicadores e tubagens	49
6.11.4	Montagem de eletroválvulas e multiplicadores de pressão de ar . .	50
6.11.5	Sensorização e ligações elétricas das estações	51
6.11.6	Instalação de calhas e tubagem de ar comprimido	51
6.12	Sugestão de programa do autômato	52
6.12.1	Rotina individual de cada estação	52
6.12.2	Relação entre rotinas	54
6.12.3	Temporização das rotinas	55
6.12.4	Grafcet global	56
6.12.5	Implementação do programa no <i>TIA Portal</i>	57
7	Apoio na substituição de um sistema de cames por um autômato industrial	63
7.1	Enquadramento	63
7.2	Procedimento	63
8	Substituição de um rolamento de um robô industrial	65
8.1	Enquadramento	65
8.2	Procedimento	65
9	Implementação de um sistema de humidificação de moldes	69
9.1	Utilidade e aplicabilidade do sistema	69
9.2	Funcionamento e implementação	69
9.3	Circuito elétrico	70

10 Resultados atingidos nas atividades	73
10.1 Estado final da máquina de asas	73
10.2 Estado final da máquina MR2 de acabamento	74
10.3 Estado do robô	75
10.4 Sistema de humidificação aplicado na nova máquina de asas	75
 IV Conclusões	 77
11 Análise do percurso e da evolução dos trabalhos	79
11.1 Prazos previstos e prazos reais do projeto da máquina de asas	79
11.2 Sugestão de programa de autômato	80
11.3 Competências adquiridas	80
11.4 Balanço global	81
11.5 Sugestão de trabalho futuro	81
 V Anexos	 85

Lista de Tabelas

6.1	Tabela de tempos de operações de uma estação e multiplicador	54
-----	--	----

Lista de Figuras

1.1	Sistema manipulador de chávenas das antigas máquinas	4
1.2	Antiga máquina de asas ainda no espaço fabril	4
1.3	Estação de colagem de asas	6
1.4	Vista frontal de uma estação de colagem	6
1.5	Diagrama do fabrico de asas por compressão isostática	6
2.1	<i>Layout</i> da máquina de asas	12
3.1	Processo de fabrico de porcelana da Costa Verde	16
3.2	<i>Robocasting</i> em funcionamento	17
4.1	Excerto da calendarização de tarefas	22
4.2	Excerto da análise de riscos, projeto global	23
4.3	Excerto do A3 de projeto	24
5.1	Quadro de tarefas do projeto da máquina de asas - Kaizen nível 1	26
6.1	Excerto do circuito de alimentação de barbotina, a verde - compressão com multiplicador; a azul - enchimento com bomba	30
6.2	Excerto do circuito de alimentação de ar comprimido	32
6.3	Material após transporte para a zona temporária	33
6.4	Excerto da tabela de material	33
6.5	<i>Kanban</i> para encomenda de material	34
6.6	Estação de colagem de asas antes da desmontagem e limpeza	35
6.7	Afastamento das placas laterais com auxílio da prensa	36
6.8	Remoção de raspadores e casquilhos lineares	36
6.9	Remoção dos tubos guias com prensa hidráulica	36
6.10	Porca soldada ao parafuso	38
6.11	Colocação de uma rosca postiça	38
6.12	Furo de aperto do tubo guia	39
6.13	Roscagem do furo com macho	39
6.14	Aspetto final	39
6.15	Estação parcialmente desmontada	40
6.16	Base da estação antes	41
6.17	Base da estação depois	41
6.18	Polimento com escova de aço	41
6.19	Limpeza com escovilhão	41
6.20	Tubo de guia horizontal degradado	42

6.21	Estação após a limpeza e polimento	42
6.22	Polimento de guia horizontal com lixa	43
6.23	Desenho de definição do tubo guia horizontal	43
6.24	Casquilhos lineares Igus DryLin e retentores já aplicados	44
6.25	Remoção do freio	45
6.26	Remoção do êmbolo	45
6.27	Cilindro vertical antes à esquerda e depois à direita	46
6.28	Válvula COAX antes	47
6.29	Válvula COAX depois	47
6.30	Desmontagem de válvula COAX	47
6.31	Estação em montagem	48
6.32	Estação montada	48
6.33	Estações já montadas nas mesas em disposição aproximada à final	49
6.34	Suporte antes da adaptação	49
6.35	Suporte após a adaptação	49
6.36	Estação já com tubagem de barbotina montada	50
6.37	Chapa com eletroválvulas e multiplicadores de ar montados	51
6.38	Cilindro com novos sensores	51
6.39	Ligação da cablagem dos sensores	51
6.40	Estações já com tubagem de ar instalada	52
6.41	Excerto do grafcet de uma estação de colagem	53
6.42	Excerto 2 do grafcet de uma estação de colagem	54
6.43	Sequência de operações do programa	55
6.44	Sugestão de temporização das rotinas das estações	56
6.45	Excerto do grafcet global, versão compacta	57
6.46	Excerto do grafcet global, versão extensa	58
6.47	Funções e blocos de memória utilizados	59
6.48	Variáveis do <i>Data block</i> da estação 2	59
6.49	Variáveis de entrada e saída	60
6.50	Programação da função da estação 1	60
6.51	Simulação do programa com vista em ladder	61
6.52	Simulação do programa com manipulação de entradas e saídas	61
7.1	Quadro elétrico em processo de alteração	64
7.2	Quadro elétrico já com autômato	64
8.1	Robô Mitsubishi Melfa RV-6SL	66
8.2	Interior da junta 2 do robô	66
8.3	Separação de componentes	67
8.4	Rolamentos da junta 1	67
9.1	Sistema de humidificação em funcionamento	70
9.2	Circuito elétrico do sistema de humidificação	71
10.1	Máquina de asas parcialmente montada 1	74
10.2	Máquina de asas parcialmente montada 2	74
10.3	Máquina MR2 em teste 1	75
10.4	Máquina MR2 em teste 2	75

10.5 Sistema de humificação instalado na nova máquina de asas	76
11.1 Excerto do cronograma com desdobramento de prazos reais	80

Parte I

Enquadramento e objetivos

Capítulo 1

Introdução

Atualmente a utilização de robôs na generalidade dos setores industriais é prática comum. As suas mais variadas formas, agilidade, versatilidade, autonomia, rapidez e reduzida manutenção são algumas qualidades que definem os robôs industriais. O trabalho realizado ao longo do período de estágio centrou-se essencialmente no acompanhamento e participação na construção de uma máquina industrial de colagem de asas a chávenas de porcelana através de um equipamento robotizado. Denominada apenas por "máquina de asas", na empresa, esta máquina é parcialmente inspirada em duas outras máquinas que existiram na Costa Verde. As máquinas, que atualmente já não operam, possuíam um sistema de manipulação apenas com três graus de liberdade sendo esta a grande diferença entre o que existia e irá existir na nova máquina de asas. Além disso as antigas máquinas possuíam um sistema de calibração de posição de cada estação de colagem, difícil de utilizar e pouco amigável para o utilizador. Esse fator conjuntamente com o desgaste das máquinas foram as principais razões que levaram à mudança para um novo sistema. Há que ter em conta que neste tipo de máquinas há uma presença regular de água em determinados componentes, o que acelera o seu processo de degradação.

O processo da colagem de asas em si, descrito na secção seguinte, mantém-se inalterado com esta evolução para uma máquina manipulada por um robô. No entanto, a utilização de um robô face ao tradicional sistema de manipulação (plataforma movida por correias e polias, figura 1.1) traz grandes vantagens em termos de velocidade, precisão e personalização das posições, deixando de ser necessário o anterior sistema de calibração das estações.

Na figura 1.2 está representada uma das máquinas. No momento do início do estágio apenas a máquina da figura 1.2 ainda se encontrava operacional (apesar de não produzir), tendo a outra já sido removida, anteriormente, do espaço fabril. Ainda na mesma figura é possível observar o já mencionado sistema de calibração das cinco estações de colagem de um dos lados da antiga máquina.



Figura 1.1: Sistema manipulador de châvenas das antigas máquinas



Figura 1.2: Antiga máquina de asas ainda no espaço fabril

Ao longo dos aproximadamente 4 meses de estágio na Costa Verde e paralelamente ao projeto principal do planeamento e participação na construção da nova máquina de asas, foram também realizados outros pequenos trabalhos práticos propostos pela equipa de manutenção: pequenas reparações noutras máquinas, mudança de um rolamento de um robô industrial, criação de um sistema de humedificação de moldes, implementação de um autómato num quadro elétrico e desmontagem completa da antiga máquina de asas. Estas atividades serão descritas mais adiante.

No final do estágio nem todas as tarefas previstas foram cumpridas, devido a alguns contratempos e atrasos de entrega de equipamentos que serão detalhados nas conclusões do presente relatório. Relativamente à máquina de asas, esta ficou parcialmente montada, não estando portanto ainda operacional. No global o estágio foi bastante rico em experiência com o mundo industrial, na interação com outras empresas, nomeadamente a Bresimar Automação e empresas fornecedoras de componentes. Muitos desafios foram encontrados ao longo do estágio, e a procura por soluções melhorou consideravelmente a capacidade de decisão tendo sempre em conta custos, qualidade e prazos.

1.1 Processo de fabrico e colagem de asas

O processo de fabrico de asas da Costa Verde foi desenvolvido pela própria empresa e é a única fábrica em Portugal a utilizar um processo deste género no setor. O fabrico das asas é baseado num enchimento à pressão. Em cada estação de colagem, figuras 1.3 e 1.4, existe um molde de plástico poroso constituído por 3 peças: uma fixa e duas móveis. As partes móveis estão cada uma acoplada a um cilindro, um vertical e um horizontal.

Na primeira fase do processo é feito o enchimento dos moldes com barbotina (pasta cerâmica líquida) através de uma bomba, estando já ambos os cilindros horizontal e vertical avançados. Depois da fase de enchimento dos moldes, a barbotina no seu interior é comprimida até uma pressão máxima de 20 bar, através de um sistema de multiplicadores de pressão. Os componentes móveis do molde ficam imóveis no momento da compressão, suportando a pressão através dos cilindros pneumáticos.

Após alguns segundos de compressão esta é aliviada, e de seguida o componente superior do molde sobe, através do recuo do cilindro vertical. Simultaneamente é aberta a eletroválvula de água associada a esse componente do molde. A água faz com que a asa descole do molde sem alteração da sua geometria. Após a subida é acionada a aparadeira, também através de um pequeno cilindro pneumático. A aparadeira tem como função evitar que caia água sobre a chávena à qual vai ser colocada a asa.

A chávena é então colocada em posição de colagem e é acionado o sistema de vibração por ultrassons (através das bases de apoio vibradoras). Este sistema funciona com base numa onda quadrada de alta frequência que garante uma união perfeita entre as asas e as chávenas.

A união é o resultado do fenómeno de tixotropia (amolecimento dos pontos de contacto) e revela-se de qualidade e firmeza significativamente superior comparativamente à união através de barbotina de união (cola), processo mais tradicional. Após a aplicação das asas os cilindros de compressão horizontal recuam e aliviam a compressão, ficando a asa solta do molde. Mais uma vez a existência de água no momento de alívio do molde é fundamental para a descolagem da asa, nesta altura já colada à chávena.

Estando já o cilindro horizontal recuado, estão reunidas as condições para o manipulador (robô na nova máquina de asas) retirar a chávena. Imediatamente após ser retirada a chávena é feita uma verificação da existência ou não da asa colada, através de uma

fotocélula e seguidamente a chávina é transportada para o tapete de saída. Na figura 1.5 estão descritas, em forma de diagrama, as principais etapas do processo de fabrico de asas descrito.



Figura 1.3: Estação de colagem de asas

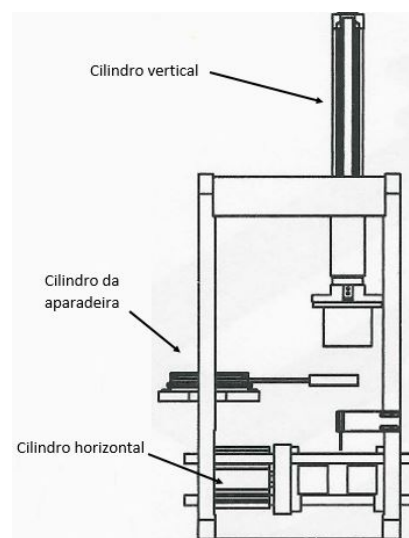


Figura 1.4: Vista frontal de uma estação de colagem

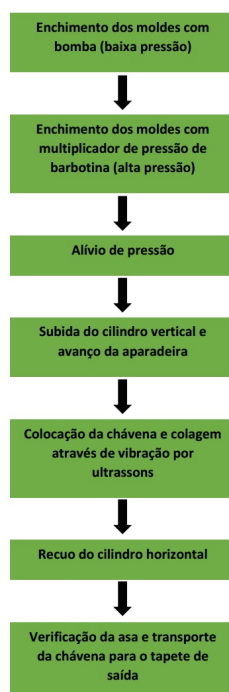


Figura 1.5: Diagrama do fabrico de asas por compressão isostática

1.2 Estrutura do documento

Este documento é composto por 4 partes, subdivididas em capítulos e subcapítulos.

No início do documento, atual e primeira parte, é feito um enquadramento onde se resume o trabalho desenvolvido. Ainda nesta parte é apresentado o local do estágio, a empresa Porcelanas Costa Verde, sendo feita uma breve descrição histórica bem como do processo produtivo. São também definidos os objetivos a atingir e o ponto de partida do estágio.

Na segunda parte é delineado o planeamento das atividades propostas, as metodologias e estratégias utilizadas ao longo do período de estágio.

As atividades desenvolvidas propriamente ditas constituem o início da terceira parte. São descritos os desafios propostos, os problemas encontrados ao longo do percurso e as soluções encontradas. Esta parte é dedicada principalmente ao acompanhamento e participação na construção da máquina de asas. De seguida, ainda na terceira parte, descreveram-se os resultados atingidos nas atividades realizadas.

Após a exposição dos resultados são feitas análises e tiradas conclusões, quarta parte. É também feito um balanço global do estágio em termos de aspetos positivos, negativos, conhecimentos adquiridos e perspetivas de trabalhos futuros.

Em anexo encontram-se alguns documentos realizados ao longo do estágio, nomeadamente esquemas de alimentação, cronogramas, desenhos, circuitos e graficets.

Capítulo 2

Objetivos e tarefas previstas

2.1 Objetivos

Para este estágio curricular foi definido como principal objetivo primeiramente a participação no projeto, planeamento e construção de um equipamento robotizado para colagem de asas a chávenas. E também a integração na equipa de manutenção da Costa Verde, colaborando em tarefas eventualmente propostas pelo Sr. Telmo Pereira, membro da equipa de manutenção, responsável pela automação em geral e participante ativo no projeto da máquina de asas.

2.2 Tarefas previstas

Inicialmente estavam previstas as seguintes tarefas a realizar-se no período de estágio:

1. Familiarização com o sistema produtivo da Costa Verde, essencialmente com a produção de asas e chávenas;
2. Planeamento para a construção da solução com um robô e duas ou mais estações de enchimento de asas;
3. Implementação do sistema de controlo e comando em autómato industrial;
4. Execução do programa de tarefas do robô;
5. Testes no equipamento desenvolvido para validação;
6. Escrita do relatório de estágio.

2.3 Ponto de partida, estado inicial

Ao longo dos primeiros dias de estágio foram sendo clarificadas algumas questões relativamente ao projeto de construção da nova máquina de asas. Tal como já foi referido anteriormente, a nova máquina é inspirada em duas outras máquinas. Mas não só é inspirada como a ideia foi aproveitar parte dos componentes das mesmas, realizando reparações e alterações necessárias. Mais concretamente ficou definido que iriam ser aproveitados os seguintes componentes:

- As estações de colagem de asas (estrutura robusta em alumínio);
- Cilindros pneumáticos dos moldes e multiplicadores de pressão;
- Sistema de multiplicador, incluindo bomba de membrana e bases de suporte;
- Tubagens de alimentação de barbotina;
- Válvulas COAX (para barbotina);
- Eletroválvulas de acionamento pneumático para comando dos cilindros;
- Eletroválvulas de solenóide para controlo de alimentação de água nos moldes;
- Alguns acessórios de ligação, dependendo do seu estado.

A parte nova da máquina, ficou ao cargo da empresa Bresimar Automação e resume-se nos pontos seguintes:

- Projeto mecânico e fabrico das mesas de suporte às estações de colagem;
- Projeto e fabrico do quadro elétrico de comando;
- Implementação do programa do autómato com consola e do robô, programa base;
- Aquisição do robô manipulador e do autómato industrial;
- Fabrico da estrutura de proteção da máquina, "jaula";
- Fabrico dos tapetes de entrada e saída da máquina;
- Aquisição e instalação de sensores/fotocélulas e conetores, bem como de toda a componente de segurança da máquina.

À data de 21 de fevereiro de 2017, data de início do estágio curricular e que corresponde ao ponto de partida na participação neste projeto, a situação global do projeto resume-se nos tópicos seguintes:

- Já tinham sido debatidas várias questões entre as duas partes envolvidas, a Costa Verde e Bresimar, no que toca ao que era pretendido para a máquina e o seu geral funcionamento;
- No local pretendido para a nova máquina de asas ainda se encontrava uma máquina (figura 1.2), apesar de ainda funcional encontrava-se parada e com alguns sinais de desgaste e degradação;
- Uma outra máquina antiga, semelhante à montada, encontrava-se parcialmente desmontada fora do espaço fabril útil;
- As responsabilidades de projeto encarregues à empresa Bresimar já se encontravam em desenvolvimento;

Dado então o panorama geral, fiquei encarregue das seguintes funções:

- Analisar a antiga máquina ainda montada, seus componentes e documentação técnica, tentando compreender o seu funcionamento;
- Analisar também os componentes já parcialmente desmontados da outra antiga máquina, tendo o objetivo de reunindo o máximo de componentes disponíveis das duas máquinas obter todo o material para a nova máquina, mais concretamente em termos de estações de colagem, sistemas de multiplicadores, cilindros pneumáticos e válvulas;
- Efetuar as limpezas e reparações necessárias a todos os componentes de modo a torná-los de novo funcionais;
- Fazer uma gestão de inventário e uma lista de material necessário que não fosse possível reparar ou que estivesse em falta;
- Verificar junto do Sr. Mário, responsável pelo armazém de sobresselentes, a existência em *stock* do material em falta e se necessário encomendar;
- Realizar os esquemas de alimentação de ar comprimido, água e barbotina para a nova máquina tendo como referência os circuitos das máquinas antigas;
- Participar na montagem da máquina.

2.4 Final pretendido

Na figura 2.1 está exposto o *layout* da máquina de asas a construir em parceria com a empresa Bresimar. Como é possível observar existem 4 estações de colagem duplas numa disposição aproximadamente semi-circular. O robô localizado na zona central manipula duas chávenas de cada vez através de uma garra dupla, recolhendo as chávenas por colar num dos tapetes e colocando-as, já coladas, no outro. O processo de fabrico e colagem das asas é feito de forma sequencial, fazendo com que seja possível o robô manter-se quase sempre em movimento, evitando tempos mortos. O funcionamento da máquina irá ser detalhado nas secções 6.1, 6.2, 6.12.1 e 6.12.2.

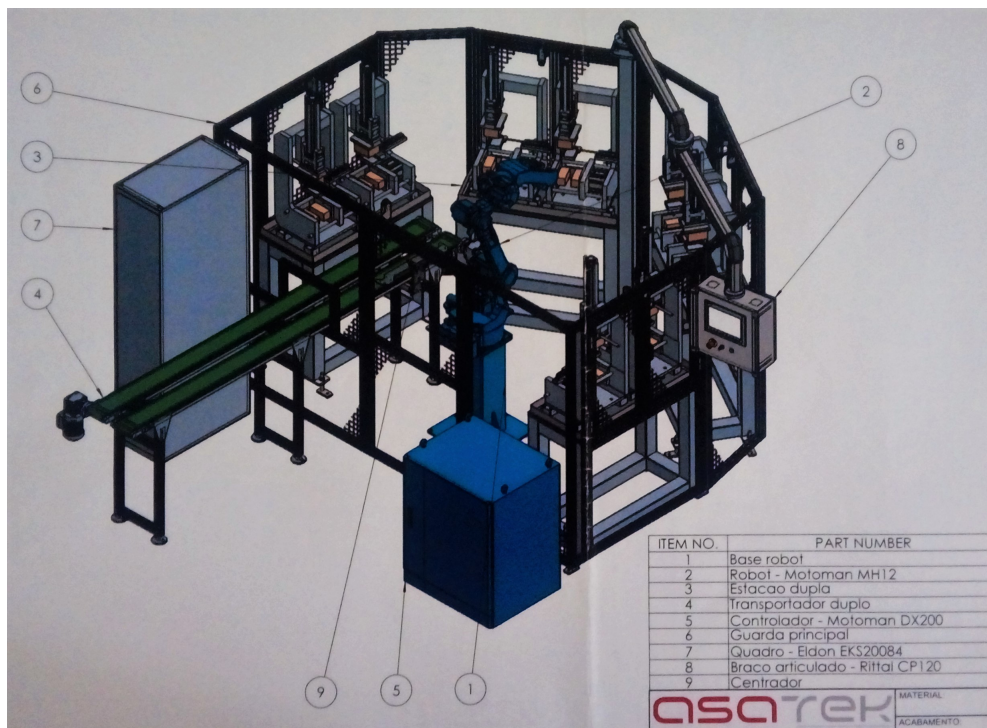


Figura 2.1: *Layout* da máquina de asas

Capítulo 3

A empresa Costa Verde

A empresa Porcelanas Costa Verde, fundada em 1992, localiza-se em Vagos, distrito de Aveiro, e dedica-se à produção e comercialização de louça em porcelana, sendo a sua atividade predominante nas áreas da hotelaria, restauração, *catering* e retalho especializado. Com uma taxa de exportação de cerca de 65% para a União Europeia, Estados Unidos da América e América do Sul, Japão, Canadá, Turquia, México, Angola, Brasil e Chile a Costa Verde é caracterizada pelo elevado índice de qualidade, inovação e flexibilidade na criação de novos produtos. O foco constante nas necessidades e satisfação dos seus clientes, adotando uma postura *customer oriented* faz com que estejam sempre em desenvolvimento novos produtos de acordo com as exigências do mercado. Esta empresa apresenta-se como uma das mais modernizadas no espaço europeu no setor das porcelanas. Tendo vindo a evoluir e renovar não só os seus equipamentos industriais, maioritariamente fabricados na Alemanha, mas também os próprios processos de fabrico. Não é apenas moderna em termos técnicos e de maquinaria, também o é a nível organizacional e administrativo. A aposta permanente na formação dos seus colaboradores, a flexibilidade e adaptação a novos clientes cada vez mais exigentes e a ligação com a Universidade de Aveiro e Universidade de Coimbra demonstram a mentalidade aberta a novos projetos. Mantendo sempre os trabalhadores informados e permitindo-lhes adquirir novos conhecimentos.

3.1 Missão e Visão da empresa

A missão da Costa Verde é surpreender e exceder a expectativas dos seus clientes e acionistas com os seus produtos e serviços, através inovação, proatividade e flexibilidade. Como visão, a empresa pretende "ser líder de mercado no segmento da Hotelaria e, simultaneamente, uma referência como empresa socialmente responsável".[1]

3.2 Certificações e responsabilidade social

Desde o início da sua atividade que a Costa Verde tem vindo a aumentar gradualmente o número de certificações que valorizam o trabalho e evolução da empresa ao longo dos anos. Destaca-se a certificação internacional SA 8000, obtida em 2012 e que define normas de trabalho socialmente aceitáveis, garantindo a saúde e segurança no trabalho. Esta norma repugna qualquer tipo de trabalho forçado, trabalho escravo e infantil, discriminação,

entre outros. A nível ambiental está presente diariamente o empenho na racionalização energética e de matérias primas, tendo sido obtida em 2003 a certificação sistema de gestão da qualidade ambiental, ISO 14001. Mais tarde, em 2012, a Costa Verde foi certificada pela norma 50001, norma também esta internacional para gestão de energia. Atualmente e tendo em conta as últimas normas referidas está a ser instalado um sistema de painéis fotovoltaicos com potência máxima de 24 MW. Esta aposta tecnológica reforça, mais uma vez, a política de sustentabilidade da sua atividade industrial. A empresa é ainda certificada pelas seguintes normas:

- ISO 9001 - Certificação sistema gestão da qualidade, 2002;
- OHAS 18011/NP 4397 - Certificação do sistema de gestão de saúde e segurança no trabalho, 2006;
- Acreditação como entidade formadora pela DGERT, 2009;
- NP 4457 - Certificação do sistema de gestão da investigação, desenvolvimento e inovação, 2017.

3.3 Sistema produtivo da Costa Verde

Para o processo de fabrico de porcelana, em geral são utilizadas três matérias primas de base. A areia, o feldspato (mineral do grupo dos tectosilicatos) e caulinos (minerais argilosos). Na Costa Verde atualmente produz-se porcelana de três formas distintas, possuindo cada uma um procedimento específico de preparação da pasta que dá origem à porcelana posteriormente. No entanto, a fase inicial do processo é comum a todas essas formas de produção. Essa fase inicial consiste na pesagem dos caulinos e a sua transferência para os diluidores. O feldspato e a areia são também pesados, mas estes são encaminhados para os moinhos, sendo a moagem controlada e de seguida misturados com os caulinos já diluídos. Desta mistura obtém-se uma suspensão que é peneirada e desferrizada. As três formas de produção são as seguintes:

- Contramoldagem;
- Enchimento manual, sob pressão e automático;
- Pó para atomização;

Na contramoldagem a suspensão obtida no processo base é prensada e extrudida, perdendo água e ficando com cerca de 23% de humidade, garantindo a plasticidade necessária. Obtém-se assim cilindros de pasta no estado sólido usualmente chamados por "rolls". Estes "rolls" são contramoldados em máquinas denominadas de "roll". Podem ser produzidos por este processo pratos, pires, saladeiras e chávenas.

No enchimento manual ou automático são utilizados moldes de gesso, enchidos com barbotina. Após a formação da parede da peça é feito um vazamento, sendo a barbotina do interior reaproveitada. Barbotina é a designação de pasta no estado líquido. Esta possui uma percentagem de humidade de 31%. Este tipo de enchimento é indicado para o fabrico de peças ocas e assimétricas que não são possíveis de fabricar por contramoldagem. Enchimento sob pressão é o processo utilizado na máquina de asas retratada ao

longo deste relatório e neste são utilizados moldes de resina sintética porosa. São também enchidos com barbotina e as pressões em certos casos atingem os 40 bar. A grande vantagem do enchimento sob pressão é a redução do tempo de conformação, proporcionando portanto uma eficiência de produção bastante superior ao enchimento manual ou automático.

A terceira forma de produção é na forma de pó. Resultante de uma secagem por atomização da suspensão base em que se obtém o pó granulado com humidade de cerca de 3%, este é utilizado na conformação em prensas isostáticas de peças planas, por exemplo pratos.

Após ser obtida a louça em cru, independentemente da forma como foi obtida, o processo até à finalização das peças é semelhante, figura 3.1. As peças são encaminhadas para o secador onde perde a humidade. Após a secagem é feita a primeira cozedura, a chacota. À saída do forno da chacota as peças já possuem alguma resistência mecânica, necessária para a etapa seguinte que é a vidragem. Na vidragem as peças são imersas num líquido denominado por suspensão de vidro transparente, sendo esta imersão a responsável pela aparência brilhante após a cozedura do vidro. Nesta segunda cozedura, feita em atmosfera redutora, a louça é submetida a elevadas temperaturas (ligeiramente inferiores à temperatura de fusão) que lhe confere o brilho e a dureza que a caracteriza. No final as peças encontram-se prontas a utilizar se não possuírem decoração. A decoração implica uma outra, e terceira, cozedura. Mas antes é feita, na estamparia, a aplicação de decalque ou a filagem a ouro, platina ou tinta. Depois da última cozedura a louça é embalada e expedida.

3.4 Tecnologia e desenvolvimentos atuais

Desde as suas origens que a Costa Verde procurou estar atualizada em termos tecnológicos. Não é por acaso que a primeira impressora 3D da empresa (e a segunda em Portugal) foi adquirida no ano de 2003, altura em que esta tecnologia ainda se encontrava num patamar consideravelmente inferior aos dos dias que correm. Neste setor da cerâmica a impressão de moldes em gesso é de elevado interesse, pois muito rapidamente é possível obter um modelo diretamente da modelação CAD e a partir desse criar moldes. Para um qualquer cliente que pretenda uma peça personalizada específica, a Costa Verde consegue numa questão de poucos dias obter um modelo e fisicamente analisá-lo juntamente com o cliente. Esta flexibilidade e rapidez é fulcral neste tipo de mercado. Depois dessa primeira grande aquisição, já foi adquirida uma outra impressora com tecnologia mais atual.

A última aquisição inovadora da Costa Verde foi um sistema também de impressão, o *Robocasting*. Este é um conceito totalmente novo e ainda em testes, pois neste sistema a adição camada a camada é feita com barbotina com determinada densidade. Ou seja, após a "impressão" a peça obtida está pronta a ir para os fornos de chacota, vidragem e decoração. Com esta tecnologia estão abertas as portas à possibilidade de obter peças com geometrias muito mais complexas e trabalhadas obtidas a partir de modelos CAD.

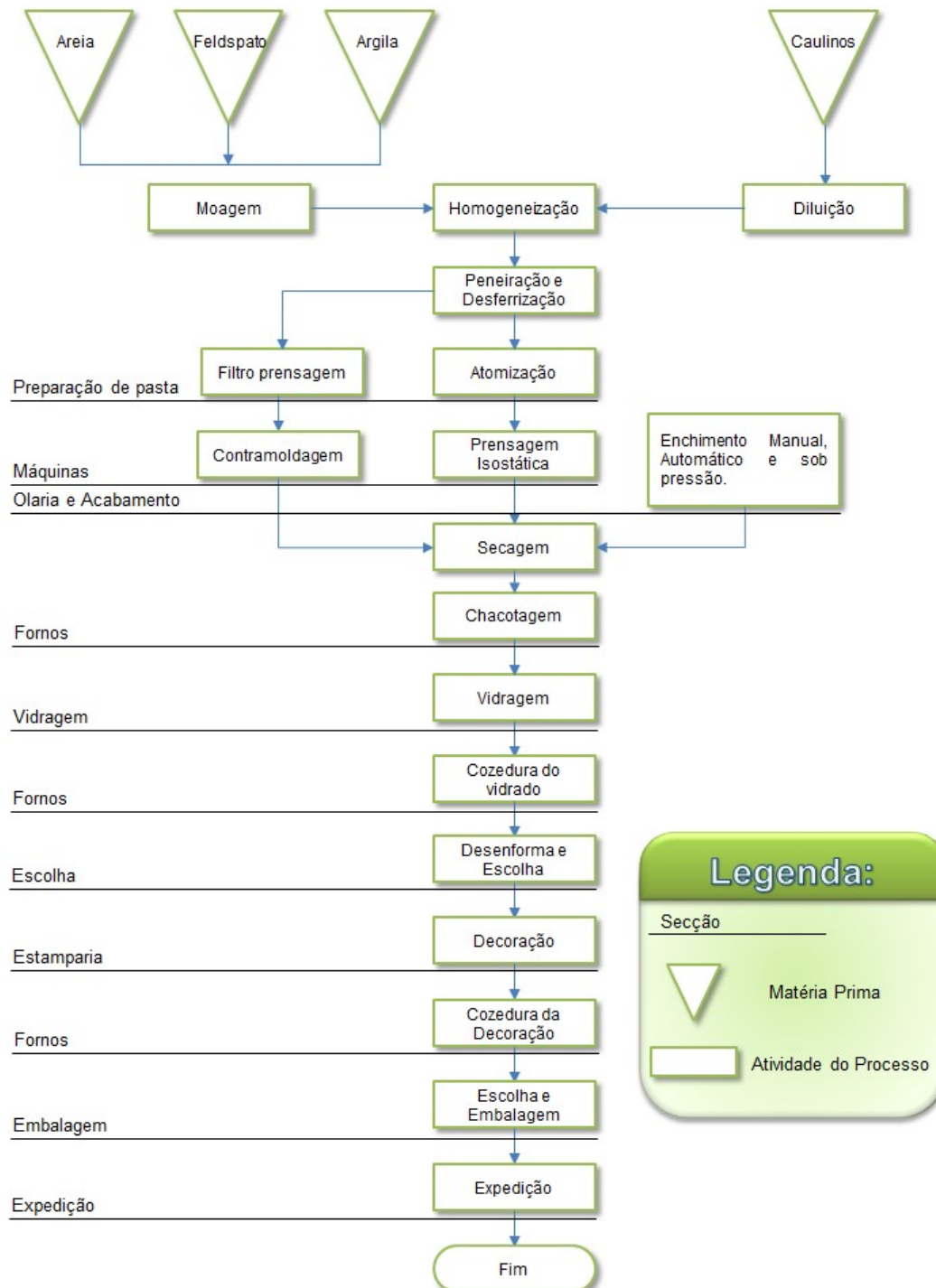


Figura 3.1: Processo de fabrico de porcelana da Costa Verde

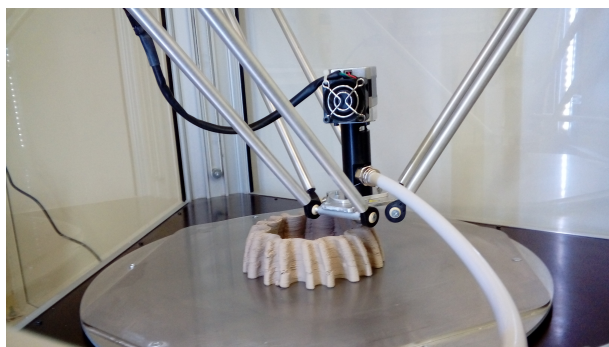


Figura 3.2: *Robocasting* em funcionamento

Atualmente está também em desenvolvimento um projeto de grande inovação, juntamente com a Universidade de Aveiro, que consiste em substituir parte da utilização do gás natural do forno da vidragem por micro-ondas. Prevê-se que os custos associados aos fornos, que representam 80% da fatura energética, sejam reduzidos com a implementação deste sistema que atua apenas a partir dos 1000 °C, pois para temperaturas inferiores a louça ainda é considerada transparente para as radiações.

Parte II

Planeamento das atividades e metodologia de trabalho

Capítulo 4

Gestão do projeto da máquina de asas

Em qualquer tipo de projeto o planeamento de tarefas revela-se essencial. Isto porque nos permite ter um maior controlo e organização relativamente ao que tem de ser feito, quando e por quem. Este capítulo é dedicado essencialmente ao projeto da construção da máquina de asas. As restantes atividades, visto terem sido em geral de curta duração e sem data prevista, não é feita referência às mesmas nesta parte do relatório.

4.1 Cronograma

No projeto da construção da máquina de asas tentou-se adotar uma abordagem que tivesse esse tipo de questões em consideração. Foi então criado um cronograma inicialmente de macro tarefas e os seus prazos, baseado nos princípios Kaizen Lean, juntamente com o gestor de projeto, Eng. Francisco Proença e o Sr. Telmo Pereira. Posteriormente foi feito e de forma autónoma a divisão das macro tarefas em tarefas mais específicas. O cronograma foi feito em *excel* e contém as tarefas mais importantes, os respetivos responsáveis e os prazos previstos, anexo A.

Na figura 4.1 é possível observar um excerto do cronograma inicial. Como se pode verificar, no final de cada macro tarefa existe uma validação, que é considerada também uma tarefa. Esta validação pode ser uma breve reunião, análise visual ou teste, a fim de ser possível dar por terminada a macro tarefa em questão, no caso da validação ser bem sucedida. Esta metodologia de gerir um projeto é vantajosa na medida em que pode em certos casos encurtar os prazos de projeto, obrigando os intervenientes a cumprir as tarefas atempadamente, através de *milestones*.

4.2 Análise de riscos

Ainda na sequência do acompanhamento do projeto através dos princípios Kaizen Lean foi também feita a análise de riscos. Uma análise de riscos pode ser descrita como uma reflexão e previsão daquilo que pode não correr como previsto, por qualquer motivo. A partir dessa análise devem definir-se ações de prevenção contra as possíveis dificuldades

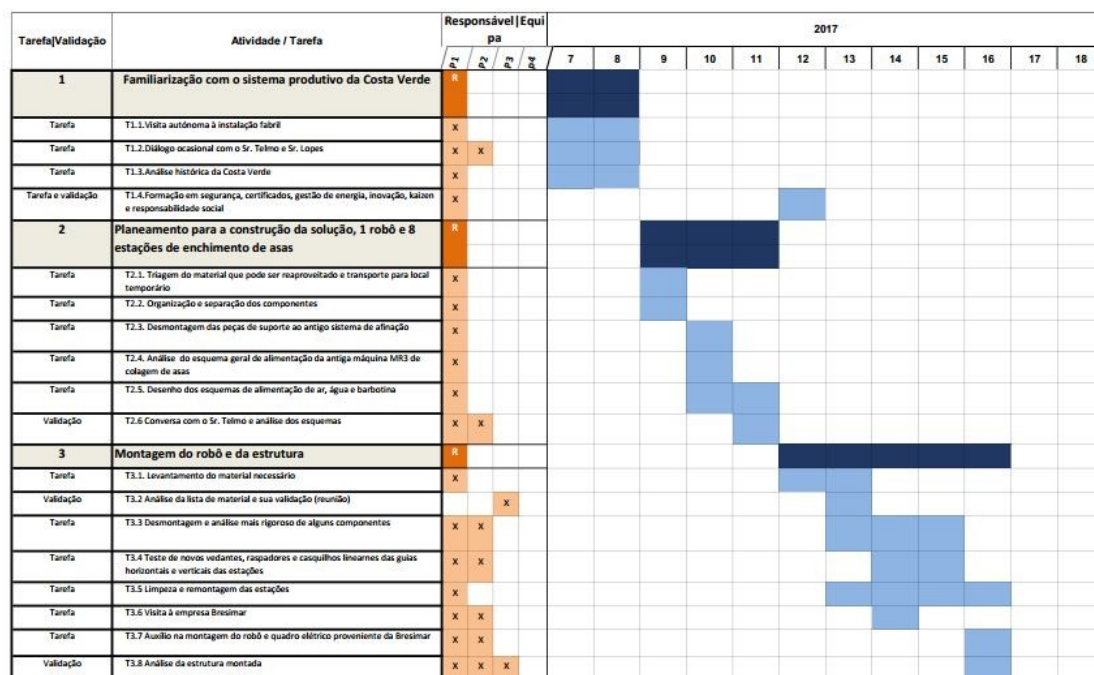


Figura 4.1: Excerto da calendarização de tarefas

ou atrasos por exemplo.

A análise de riscos foi feita em duas abordagens. Na primeira fez-se uma análise do ponto de vista mais técnica e prática direcionada a algumas tarefas a realizar por mim. Há que referir que esta análise foi feita numa altura bastante precoce do estágio. Detetaram-se os seguintes riscos:

1. Risco: Atraso por parte da Bresimar no que toca à entrega do robô, mesas e quadro elétrico;
Ação de mitigação: Visitas à empresa Bresimar/reuniões juntamente com o Sr. Telmo com o intuito de pressionar o processo;
2. Risco: Atraso na entrega de material de reparação de componentes (cilindros, válvulas, etc.)
Ação de mitigação: Fazer o levantamento de material o mais cedo possível;
3. Risco: Dificuldade no processo de montagem do sistema;
Ação de mitigação: Analisar previamente todos os esquemas de ligações e esclarecer dúvidas com o Sr. Telmo;
4. Risco: Detecção tardia do mau estado de alguns componentes;
Ação de mitigação: Analisar todos os componentes existentes o mais cedo possível e encomendar os que estão em falta.

A segunda abordagem consistiu numa análise global da nova máquina em termos de impactos ambientais, energéticos, de ruído no espaço fabril, entre outros (anexo B). Esta foi feita em reunião com o Eng. Marinheiro e com a responsável pela segurança na Costa

Verde, Sra. Leonor Tavares. Desta vez a análise foi realizada de uma forma diferente. Partiu-se de uma série de questões, (divididas por categorias), às quais, tendo em conta a nova máquina, se deveria responder "sim", "não" ou "não aplicável". As questões são generalizadas para ser possível utilizá-las em qualquer projeto, daí por vezes muitas delas não se enquadrarem no projeto em questão. As perguntas às quais as respostas correspondentes forem positivas, ou seja "sim", merecem especial atenção. Devendo ser identificado qual o risco, a sua probabilidade, o impacto e se é aceitável ou não, numa escala de 1 a 5. Deve ficar estipulada também a ação de mitigação ou medida de controlo do risco, o responsável pela sua execução e o prazo, excerto na figura 4.2 e análise completa no anexo B.

Projeto: Linha colagem de asas									
Descrição: Colocar sim caso haja risco de ocorrência		Sequência razoavelmente previsível ou combinação de eventos	Risco	Probabilidade	Gravidade	Acceptável?	Medida de controlo do Risco	Responsável	Prazo
Impactos Ambientais:									
Selecionar/alterar o licenciamento industrial?		N/A							
Selecionar Estudo de Impacte Ambiental, se o projeto implicar:		N/A							
Novas instalações		N/A							
Aumento significativo da capacidade produtiva (>20 ton/ano)		Não							
Alterações ao processo produtivo, desde que com introdução de novas tecnologias		Não							
Mudança de dimensão ou de localização que possam determinar efeitos ambientais ainda não avaliados		Não							
Há novos aspetos ambientais a considerar?		Não							
Há novos perigos de segurança a considerar?		Sim	Aquisição/construção de máquina	Não cumprimento da diretiva máq	1	3	3	Assegurar emissão da declaração CI e manual	Francisco Pimenta Jun/17
Emissões Gaseosas:									
Vai haver produção e/ou alteração das emissões gasosas?		Não							
É necessário colocar chimney ou alterar existentes?		Não							
Efluentes Líquidos:									
Vai resultar um novo efluente?		Não							
É requerido tratamento?		Sim	Produção de efluentes líquidos	efluente não tratado	1	2	2		
Será necessário descarregar num meio receptor diferente do atual?		Não							
É necessário alterar a atual licença de descarga para contemplar este novo efluente?		Não							
Resíduos:									
Este projeto produz resíduos?		Sim	Produção de resíduos	Destino não adequado de resíduos	1	2	2		
Os resíduos são considerados perigosos?		Não							
Os resíduos requerem alteração das condições existentes (meios de recolha, locais de armazenamento, condições de transporte) ou novos destinos finais?		Não							
Ruído:									
Este processo produz ruído?		Sim	Máquina pneumática	Aumentar ruído laboral	1	3	3	Realizar medição ruído	Leonor Tavares Set
É necessário proceder a novas medições?		Sim	Máquina pneumática	Aumentar ruído laboral	1	3	3	Realizar medição ruído	Leonor Tavares

Figura 4.2: Excerto da análise de riscos, projeto global

4.3 A3 de projeto

O A3 de projeto é um documento constituído por uma página apenas, em tamanho A3, e que tem como função principal resumir um problema ou neste caso um projeto. Este documento foi também realizado no âmbito do acompanhamento no projeto da máquina de asas. Mais uma vez se evidencia a influência do *Lean manufacturing* na Costa Verde. No A3 de projeto devem constar as informações mais relevantes e resumidas de forma a que qualquer pessoa que o leia tenha facilidade em compreender resumidamente o que é importante. Geralmente este documento de projeto deve possuir os objetivos, o estado da arte, as partes interessadas, o custo, uma pequena análise de riscos, um cronograma, a equipa do projeto e ainda devem ser mencionados os entregáveis. O A3 de projeto realizado encontra-se no anexo C e na figura 4.3 é possível visualizar parte do mesmo.

costaverde		Projeto nº <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> 7 de março de 2017
Construção de Máquina de colagem de asas - Início a 21 fevereiro – fim 13 de junho – Gestor de projeto: Eng. Francisco Proença	1. OBJETIVO ÂMBITO Âmbito: <ul style="list-style-type: none"> Este projeto insere-se no âmbito de estágio curricular e conclusão de Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica na Universidade de Aveiro Tipo de Projeto: Processo (colagem de asas em chávénas) Âmbito de atuação: Secção (MR3) Estado da Arte: <ul style="list-style-type: none"> Atualmente já existe na empresa um posto de trabalho com características semelhantes Máquina atual: SAMA DGR-H10 de 2002, com 2 secções e 5 unidades de enchimento cada Objetivos: <ul style="list-style-type: none"> Métrica – Pleno funcionamento da máquina de colagem de asas Meta – Construção da máquina de colagem de asas Características Inovadoras: <ul style="list-style-type: none"> Manipulação das chávénas através de um robô com 4 estações de colagem com 2 unidades de enchimento cada, algo que até ao momento não existe nesta secção de trabalho (MR3) Partes Interessadas: <ul style="list-style-type: none"> Gabriel Faísca Costa Verde Universidade de Aveiro 	
	2. ANÁLISE DE VIABILIDADE Custo: CAPEX: Custo de investimento predominante na construção do quadro elétrico, robô e a reparação de componentes já existentes OPEX: Custos do pessoal de manutenção Benefício: Produtividade, Disponibilidade Máquina, Precisão do processo, Redução da necessidade de manutenção, Fiabilidade, Fluxo de chávénas coladas mais estável, Autonomia, Personalização facilitada (robô e autómato), Segurança	

FRC 0.103_3



EDIÇÃO: 3

Figura 4.3: Excerto do A3 de projeto

Capítulo 5

Estratégia e metodologia

Neste curto capítulo é exposto um pouco como foi o desenrolar do estágio em termos de métodos e estratégias de trabalho. Ao longo dos aproximadamente 4 meses de estágio foram realizados trabalhos práticos e teóricos. As tarefas mais teóricas foram realizadas no gabinete do IDI, investigação design e inovação, e as práticas na oficina de manutenção, serrelharia e também junto das máquinas.

5.1 Kaizen diário

Juntamente com toda a equipa de manutenção da empresa todas as manhãs às 8 horas é feita uma reunião onde é feito um apanhado geral da situação em termos de avarias nos equipamentos industriais, o estado das tarefas em execução e ainda a distribuição de novas tarefas/trabalhos que tenham de ser realizados. Estas reuniões fazem parte do Kaizen nível 1 implementado na Costa Verde desde o ano de 2007. Ainda relativamente este nível, também faz parte a utilização de suportes visíveis e quadros de equipas em que estão dispostas as responsabilidades e tarefas de cada elemento. Tal também foi realizado na componente da gestão do projeto da construção da máquina de asas, e que está apresentado na figura 5.1. Esta é uma técnica em que as tarefas, respetivos prazos e responsáveis são expostos em locais visíveis, permitindo assim que pessoas externas ao projeto possam consultar a calendarização.

Atualmente está também implementado o nível 2 Kaizen. No nível 2 pretende-se aumentar a produtividade, organização e motivação dos trabalhadores. São aplicadas regras de organização dos postos de trabalho, em que se utiliza a regra dos 5's: triagem, arrumação, limpeza, normalização e disciplina.

O nível 3 Kaizen está em processo de implementação, tendo inclusive participado numa formação destinada a esse assunto, conjuntamente com toda a equipa de manutenção. Neste nível Kaizen procura-se essencialmente normalizar as tarefas do dia-a-dia e com isso tentar garantir que estas sejam realizadas da forma mais eficiente, simples e segura. O nivelamento de conhecimentos das equipas de trabalho e a criação de equipas Kaizen capazes de criar, manter e melhorar normas de trabalho são também outros objetivos deste nível Kaizen.[2]



Figura 5.1: Quadro de tarefas do projeto da máquina de asas - Kaizen nível 1

5.2 Método de trabalho

O método de trabalho do projeto da construção da máquina de asas consistiu:

1. No estudo e compreensão do funcionamento das antigas máquinas através dos documentos, analisando-as fisicamente e falando com o Sr. Telmo e com operários;
2. Na passagem à parte prática realizando as tarefas propostas, questionando sempre que necessário o Sr. Telmo ou qualquer outro elemento da manutenção no caso de dúvidas.

Foi portanto um trabalho realizado de forma autónoma, mas com apoio, sempre que necessário. As restantes atividades realizadas em paralelo ao projeto principal foram realizadas com o auxílio do Sr. Telmo, mais uma vez. Nas situações em que foi necessário encomendar material a requisição foi feita através do preenchimento de *Kanbans* e respetivo envio ao Sr. Mário, responsável pelo armazém de sobresselentes.

Parte III

Descrição das atividades desenvolvidas e resultados atingidos

Capítulo 6

Acompanhamento e participação no projeto de construção da máquina de asas

Neste capítulo serão descritas as tarefas realizadas na participação da construção da nova máquina de asas. Como já foi referido na introdução do documento, parte dos componentes das antigas máquinas de asas foram reaproveitados após limpeza e reparação. Muitos deles nunca tinham sido alvo de reparação desde o seu fabrico e dadas as muitas horas de funcionamento apresentavam-se num estado pouco favorável. Todo o processo de limpeza e reparação foi bastante demorado como será detalhado mais à adiante.

6.1 Análise e compreensão do funcionamento da antiga máquina de asas

Antes de ser possível começar a pensar na construção da nova máquina, e visto que esta contém parte do sistema das máquinas antigas, foi necessário compreender o seu funcionamento. A partir do presente capítulo irá ser feita referência a uma antiga máquina apenas, pois apenas uma se encontrava ainda montada.

A análise iniciou-se então pela leitura da documentação técnica da máquina. Nesta encontravam-se algumas indicações sobre a sua utilização, desenhos de conjunto e listas dos componentes para substituição. Na figura 1.2 encontra-se a antiga máquina. Esta possui 10 estações de colagem divididas em duas filas, cada uma com 5 estações. As duas filas (à esquerda e à direita) são independentes e efetuam as mesmas tarefas mas desfasadas, ou seja, enquanto decorre a aplicação das asas numa fila, na outra as asas vão sendo fabricadas. O sistema de fabrico de asas é baseado num enchimento à pressão descrito no capítulo introdutório. A compreensão do funcionamento da máquina em si não foi fácil, pois a máquina encontrava-se parada, pelo que a solução passou por analisar as tubagens e respetivas ligações e alimentações tentando fazer a distinção dos quatro tipos de circuitos: de barbotina, de ar, de água ou ainda mistos (ar e água). Este exercício de compreensão foi sendo auxiliado pelo Sr. Telmo, que me foi esclarecendo alguns pormenores que lhe fui questionando. O esquema geral de alimentação da máquina foi também essencial à compreensão do funcionamento da mesma.

Na nova máquina o que se pretende é, ao invés de duas linhas de estações desfasadas,

ter quatro, cada uma delas com duas estações. Ou seja quatro estações duplas. É possível desde logo concluir que o nível de complexidade do funcionamento em termos de válvulas aumenta para o dobro visto terem-se quatro postos de trabalho a trabalhar em simultâneo, mas não em sintonia.

6.2 Esquemas de alimentação de ar comprimido, água e barbotina

Após a compreensão do funcionamento geral da antiga máquina, foi altura de iniciar a criação dos novos esquemas de alimentação para a nova máquina, tendo por base o sistema antigo e o esquema elétrico da nova máquina fornecido pela Bresimar.

Os esquemas, realizados em EPLAN, encontram-se em anexo (anexo D, E e F). Optou-se por fazer os três esquemas relativos aos três circuitos de alimentação da máquina (ar comprimido, água e barbotina) em separado a fim de facilitar a sua interpretação.

Na figura 6.1 encontra-se representado parte do circuito de alimentação de barbotina na máquina de asas. Como é possível observar o sistema possui uma bomba de barbotina e dois sistemas multiplicadores de pressão de pasta. O termo "multiplicador" tem origem no facto de haver um acréscimo de pressão através da variação das áreas dos dois cilindros de cada multiplicador, princípio de Pascal.

Cada multiplicador de pressão possui um cilindro à direita de maior diâmetro e outro à esquerda de menor diâmetro. Os fluidos operantes nos dois cilindros não são o mesmo. O cilindro à direita trabalha a ar comprimido à pressão da rede de abastecimento da máquina (5 bar) e o cilindro à esquerda a água. Sendo como justificação a significativa menor compressibilidade da água, comparativamente ao ar. Este cilindro de menor dimensão é ligado à membrana ou diafragma, também representadas na figura 6.1, e dadas as condições em que trabalha, é em inox. Os restantes cilindros são em alumínio.

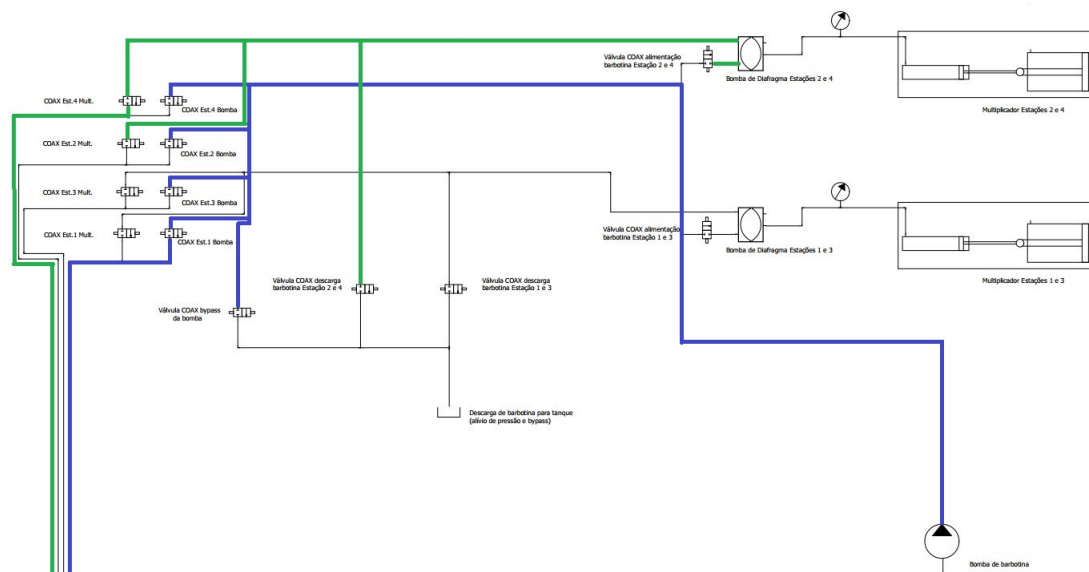


Figura 6.1: Excerto do circuito de alimentação de barbotina, a verde - compressão com multiplicador; a azul - enchimento com bomba

A membrana por sua vez também possui dois fluidos operantes. Num dos lados existe água, proveniente do cilindro, e do outro barbotina. Estando o multiplicador em modo de compressão, a membrana encontra-se com barbotina e ao ser comprimida pela água num dos seus lados, do outro a barbotina é forçada a ser comprimida igualmente. Nesta situação a válvula de abastecimento de pasta à membrana fecha e a válvula do molde que se pretende encher abre. Assim o molde é a única zona de "fuga" de pressão e a barbotina é então comprimida neste até uma pressão de 20 bar, formando a asa da chávina. Este enchimento está identificado a cor verde na figura 6.1 e neste caso é nos moldes da estação 4 que a barbotina é comprimida.

É importante referir que antes do enchimento com multiplicador, ou seja, compressão, acontece um enchimento a baixa pressão apenas proveniente da bomba de barbotina, representado a azul, na figura 6.1. Este enchimento serve apenas para encher a tubagem e os moldes da estação em questão, neste caso a estação 1.

Na máquina de asas todos os enchimentos dos moldes e compressão da barbotina ocorrem uns de forma sequencial e outros simultaneamente. O que se pretende é que haja o mínimo tempo morto possível no robô, tentando portanto maximizar a eficiência da máquina. Na secção 6.11 o funcionamento em termos de sequência e simultaneidade das operações nas diversas estações será mais detalhado.

O esquema de alimentação de ar comprimido traduz todas as ligações que envolvem ar comprimido na máquina de asas. Desde a atuação dos cilindros dos componentes dos moldes superiores (cilindros verticais), moldes móveis (cilindros horizontais), pingadeiras, multiplicadores, *venturis* (geradores de vácuo) e válvulas de barbotina, as COAX. Relativamente a estas últimas válvulas, é de uso frequente a designação na equipa de manutenção da Costa Verde apenas por "COAX", apesar de na realidade ser a marca das válvulas.

Como é visível no esquema, anexo E, existem vários tipos de válvulas. Válvulas 5/3 (5 entradas e 3 posições) que em geral são utilizadas para a atuação dos cilindros pneumáticos. Válvulas 5/2 que também são utilizadas para cilindros, neste caso os cilindros das aparadeiras ou pingadeiras. A diferença destas é que possuem retorno por mola pelo que apenas necessitam de um conetor, e portanto também apenas uma saída digital do autómato. Válvulas manuais comuns (passadores) são utilizados no acionamento do vácuo manual dos moldes. Esta função é útil quando se pretende secar/limpar os moldes, utilizando vácuo para tal.

Algo que merece destaque no circuito de alimentação de ar comprimido são os multiplicadores de pressão de ar. A Costa Verde ao longo dos últimos anos tem vindo a adotar medidas de redução de consumos energéticos. Uma delas foi a redução da pressão geral de ar comprimido da fábrica. Atualmente é de 5 bar mas já foi no passado de 6,5 bar. Obviamente esta mudança tem, em alguns casos, consequências nos equipamentos.

O que acontece neste caso é que os cilindros dos moldes à pressão da rede não conseguem produzir uma força suficiente no êmbolo para suportar os esforços necessários, é necessária uma pressão de 20 bar. Para tal ser possível a solução passa pela utilização de multiplicadores de pressão de ar, utilizados apenas nos avanços dos cilindros pois no recuo o esforço é reduzido.

Na figura 6.2 está representado parte do circuito. É visível à saída das eletroválvulas 5/3

os multiplicadores de pressão de ar.

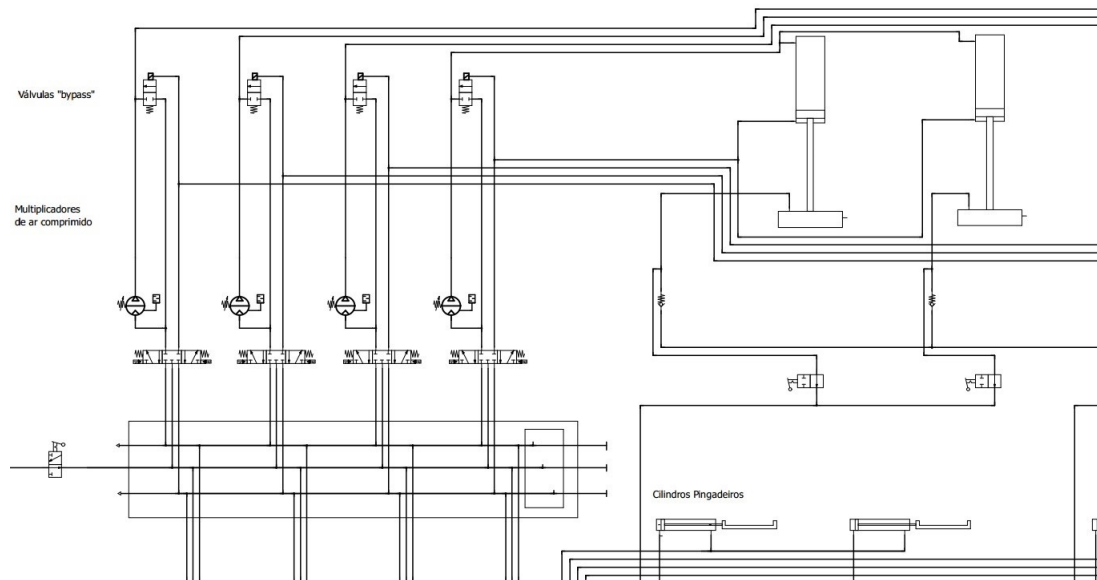


Figura 6.2: Excerto do circuito de alimentação de ar comprimido

Supondo a situação em que se pretende que os cilindros de uma estação, neste caso os verticais, avancem, ou seja, que desçam. Nesse caso a eletroválvula 5/3 comutaria para a posição da esquerda, figura 6.2. Assim a pressão é aumentada pelo multiplicador de pressão, forçando o cilindro a descer. A válvula 2/2 estaria a fechar a passagem de ar, pelo que o ar de recuo daria entrada de novo na eletroválvula. Pelo contrário, se se pretender recuar os cilindros, a válvula comutaria para a posição da direita e a saída de ar (à pressão da rede) iria para a câmara de êmbolo bem como para a atuação da válvula 2/2, que quando atuada permite a passagem de ar, nesta situação ar de recuo.

No anexo F encontra-se o circuito de alimentação de água, utilizada principalmente nos moldes no momento da "descolagem" das asas, como descrito no capítulo introdutório.

6.3 Triagem, transporte e organização dos componentes a recuperar

Simultaneamente à análise da documentação técnica da antiga máquina e da elaboração dos novos esquemas de alimentação foi feita uma triagem ao material que à partida iria ser aproveitado. O material foi transportado desde a zona de material para expedição, onde se encontra alguma maquinaria parcialmente desmontada, até uma zona próxima da zona final da nova máquina de asas, figura 6.3. Recorde-se que inicialmente uma das antigas máquinas de asas (zona da MR3) ainda se encontrava no local.

Após o transporte organizaram-se os componentes em paletes por categorias: estações

de colagem, cilindros, válvulas, reguladores, tubagens e multiplicadores.



Figura 6.3: Material após transporte para a zona temporária

6.4 Listagem do material necessário para a máquina de asas

Tendo já analisado a documentação técnica da máquina e elaborado os esquemas de alimentação, estavam reunidas as condições para se iniciar a listagem de material necessário para a máquina de asas. Muitos dos componentes foram aproveitados, como já foi referido. Foi então elaborada uma primeira versão da lista de material, inicialmente apenas de válvulas, mas que rapidamente se tornou uma lista geral de material, figura 6.4.

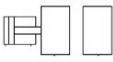







Quantidade	Descrição	Referência	Fluido operante	Aplicação	Atuação	Símbolo	Estado de material em stock	Referência do material em stock /nota	Preço sem IVA
8	Cilindro horizontal de curto curso	SMC ECDQ2B10050D	Ar	Compressão horizontal dos moldes	Pneumática		Kits de reparação encomendados, 10 montados na MR3 e 8 desmontados. Update: kits recebidos	SMC ECDQ2B10050D	8 * 23=184 €
8	Cilindros verticais	Festo DNC 50 350 – PPV-A	Ar	Compressão vertical dos moldes	Pneumática		Todos os cilindros reparados	Festo DNC 50 350 PPVA Retentores 20*28*4	pendente
8	Cilindros pequenos	Festo ADVULQ-12-120-A-P-A	Ar	Cilindros das aparadeiras	Pneumática		5 novos em stock, 4 encomendados e 10 montados na MR3 Update: 4 recebidos	Festo ADVULQ-12-120-A-P-A	4 * 73,22 =292,88€
32	Mangas Iguis	Iguis DryLin R – 12 JUM – 02 -20		Substituição dos rolamentos lineares das guias dos cilindros verticais			32 encomendadas e recebidas		32*9,55 = 305,6 €
2	Multiplicadores	Festo DNC-100- 200 – PPV-A + Festo DNC 40 160 PPV-A + Bomba de membrana	Ar e água	Compressão e injeção de pasta nos moldes	Pneumática		Cilindros dos multiplicadores já todos reparados	Festo DNC-100- 200 – PPV-A + Festo DNC 40 160 PPV-A	2*106,87 + 2* 60,90 =335,14 €

Figura 6.4: Excerto da tabela de material

A lista foi sendo sucessivamente completada e alterada, consoante a chegada dos

componentes encomendados ou reparação completa, tendo sido um suporte de gestão de inventário. No anexo G encontra-se a lista completa de material, contendo as já mencionadas válvulas, kits de reparação, casquilhos lineares, raspadores, retentores, sensores, calhas, etc.

Tentou-se desde cedo encomendar o material que à partida iria demorar mais tempo a chegar à Costa Verde, através do preenchimento de *kanbans*, figura 6.5, e diálogo com o Sr. Mário. Nomeadamente de material de origem alemã que não estava disponível em Portugal. Exemplos disso são os multiplicadores de pressão de ar, os kits de reparação dos cilindros dos moldes móveis (horizontais da SMC) e reguladores de pressão de água DRW H12.

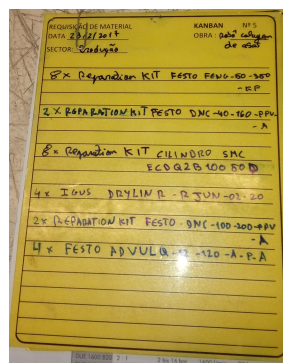


Figura 6.5: *Kanban* para encomenda de material

Apesar de ter sido feita desde início uma antevisão do que seria necessário substituir e reparar, nalguns casos só após a desmontagem completa e posterior análise é que foi possível iniciar o processo de encomenda. Como por exemplo os tubos guias horizontais que estavam em avançado estado de degradação no seu interior, apesar de por fora aparentemente não o parecerem. Estas questões irão ser relatadas com detalhe na secção 6.8.4.

6.5 Desmontagem das estações de colagem

6.5.1 Procedimento geral de desmontagem

A etapa seguinte, após a determinação e encomenda de algum material, foi o processo de desmontagem das estações de colagem, cujo estado inicial se encontra representado na figura 6.6.

As estações de colagem são em alumínio e constituídas por duas placas laterais principais, unidas através de uma base retangular na zona inferior e um bloco maciço com a forma de um prisma retangular na zona superior por ligações aparafusadas. Entre as duas placas laterais existem dois varões guias, que garantem que o movimento provocado pelo avanço do cilindro horizontal, (fixo numa das laterais), é bem linear. Por sua vez as guias são encaixadas nas placas laterais em rebaixamentos e roscadas por porcas do lado exterior. Ou seja, a remoção das guias implica a completa desmontagem da estação.



Figura 6.6: Estação de colagem de asas antes da desmontagem e limpeza

O processo de desmontagem iniciou-se pela remoção das peças de suporte dos cilindros das aparadeiras, das calhas e cablagem antiga, algumas células fotoelétricas ainda existentes e abertura da caixa elétrica individual de cada estação. De seguida procedeu-se também à remoção das guias de compressão horizontal, mas para tal foi necessário retirar previamente a base aparafusada e os parafusos da ligação ao maciço superior, tornando possível a desunião das placas laterais.

Com a base já removida procedeu-se ao afastamento gradual das duas placas laterais principais da estação. O movimento de afastamento foi concretizado com a ajuda de uma pequena prensa hidráulica portátil, em que se foram acrescentando progressivamente calços pois o curso da mesma não é suficiente para a remoção completa das guias, figura 6.7. Este é um procedimento que sem este instrumento seria de grande dificuldade dadas as forças envolvidas e o peso da estrutura. Após um afastamento suficiente para a remoção das guias horizontais estas ainda se encontravam acopladas a uma das peças laterais principais da estação. A sua remoção foi feita, mais uma vez, com recurso a uma prensa, mas desta vez uma prensa fixa existente na sala de manutenção. No final deste procedimento obtiveram-se as guias completamente soltas.

O passo seguinte consistiu na remoção da placa de suporte do molde que se encontrava acoplada à ponta da haste do cilindro. A ligação entre a placa e a haste é feita através de uma ligação roscada, desta forma bastou apenas rodar a placa até ficar totalmente desenroscada. Posteriormente removeram-se os raspadores e respetivos casquilhos de encaixe, bem como dos casquilhos lineares das guias horizontais, figura 6.8. Tanto os raspadores como os casquilhos lineares encontravam-se em muito mau estado.



Figura 6.7: Afastamento das placas laterais com auxílio da prensa



Figura 6.8: Remoção de raspadores e casquilhos lineares

Seguidamente removeram-se também os tubos da placa móvel do molde, mais uma vez com auxílio da prensa hidráulica fixa. A função dos tubos, juntamente com os varões guias lineares, é garantir que os movimentos de compressão sejam o mais linear possível. Assim a pressão no molde deverá ser aproximadamente igual em toda a área do molde, evitando concentrações de tensões que comprometeriam o fabrico das asas. A figura 6.9 retrata esse procedimento de remoção. À primeira vista faria mais sentido não retirar estes tubos guia visto que o objetivo é remontar tudo de novo. No entanto o que motivou a sua remoção foi, mais uma vez, o estado de degradação no interior. Após a desmontagem de alguns dos tubos verificou-se que teriam de ser substituídos, como será relatado na secção 6.8.4.



Figura 6.9: Remoção dos tubos guias com prensa hidráulica

6.5.2 Problemas encontrados na desmontagem

Durante a desmontagem das estações foram encontradas diversas adversidades, maioritariamente provocadas pelo avançado estado de calcinação das ligações aparafusadas. Há que ter em conta que todo o sistema funcionou durante muitos anos sob condições muito desfavoráveis a este tipo de componentes mecânicos.

A presença de barbotina e água oxida e danifica os metais a longo prazo. Um fator a ter ainda em consideração é a presença de muito calcário na água da rede que abastece as máquinas de toda a fábrica. Esta provém de um furo a mais de uma centena de metros, e não é portanto devidamente tratada, o que prejudica e muito os equipamentos que com ela operam.

Nas placas retangulares das bases das estações, por exemplo, que possuem seis parafusos de cabeça cilíndrica sextavada interior (ou também conhecidos por *humbrako*), cerca de 50% destes não saíram com normal esforço de remoção. No caso dos parafusos de aperto dos tubos guias às placas dos moldes móveis, figura 6.8, o cenário foi ainda pior.

O que se constatou em grande parte das vezes foi que os parafusos ao estarem completamente bloqueados, na tentativa de os remover estes ficaram com a cabeça "moída" (tornando-se impossível a utilização de chaves) e outros partiram a meio da rosca por se encontrarem também calcinados.

6.5.3 Soluções encontradas

Quando tal acontece a única solução encontrada para o primeiro caso foi o recurso ao berbequim para libertar a cabeça do parafuso do respetivo corpo. Neste tipo de furações é necessário utilizar velocidades de rotação baixas e molhar a ponta da broca sistematicamente em óleo de corte para maximizar a sua vida útil.

No segundo caso, quando o parafuso parte a meio da rosca, não é normalmente necessário furar a cabeça pois esta após a quebra da rosca fica livre. No entanto cria-se o problema de ter a restante rosca no furo roscado e muitas vezes com pouco comprimento exterior. Foram encontradas várias soluções para resolver o problema:

- A mais fácil é, através da utilização de um alicate de pressão, tentar retirar o que resta do parafuso com auxílio de aquecimento do material. Em poucos casos esta solução resultou, devido ao atrito entre a chave e a rosca, proporcionando um baixo binário.
- A segunda é tentar desbastar a rosca, criando duas faces paralelas para que seja possível desapertar com uma chave de bocas, usando uma lima apropriada. Estas duas soluções em casos de elevada calcinação da rosca não é suficiente.
- A terceira solução, e bastante viável também, é enroscar parcialmente uma porca adequada à rosca em questão, soldá-la cuidadosamente unindo o que resta do parafuso e a porca, figura 6.10. De seguida aquecer a peça onde se encontra enroscado o parafuso. Note-se que neste caso os componentes estruturais das estações de colagem são em alumínio e facilmente dilatam com calor. Utilizaram-se maçaricos para realizar o aquecimento localizado e controlado e uma máquina de soldar por

elétrodo. Após o aquecimento, o desaperto é feito através de uma chave de bocas comum e geralmente há menor resistência da parte do parafuso pois o material dilatou. Este método mostrou-se eficiente em termos de tempo e resultado final.

- A quarta consiste resumidamente em furar o próprio parafuso, através do uso do engenho de furar, retirando o que resta do corpo do parafuso com uma fresa de topo. A utilização de brocas nestes casos é muito desaconselhada. Ao furar os parafusos (feitos em aço inoxidável) a broca tem sempre tendência a "deslocar-se" para o material mais macio, neste caso o alumínio. Foram feitas diversas tentativas, mas sem os resultados esperados. O que se verificou foi que mesmo utilizando uma ponteira antes de iniciar a furação, com o intuito de definir o centro do furo, não é viável efetuar este tipo de operação, pelo menos em alumínio.

O passo seguinte consiste em utilizar uma rosca postiça. Normalmente estas roscas vêm em conjunto com uma broca, e dois machos específicos para a rosca em questão. As roscas postiças possuem rosca interior, onde enrosca o parafuso igual ao original mas não necessariamente, e rosca exterior que permite a ligação da própria rosca postiça ao material.

Para aplicar uma rosca deste tipo é necessário primeiro furar o material com um diâmetro compatível com a rosca exterior da rosca de postiça, de acordo com o diâmetro pretendido, roscar o furo com o macho (um apenas), em seguida enroscar a rosca postiça com o auxílio de um outro macho que enrosca por dentro desta, adicionando um pouco de cola, figura 6.11 . Note-se que após a remoção do corpo do parafuso com a fresa já é possível utilizar broca para alargar o furo.

Finalmente o macho é desenroscado e a rosca postiça fica no material pronta a receber o parafuso. Este método apesar de ser mais demorado e de difícil execução, quando bem executado o resultado final obtido é bom, visto que se obtém uma rosca nova.



Figura 6.10: Porca soldada ao parafuso



Figura 6.11: Colocação de uma rosca postiça

Ainda relativamente à quarta solução encontrada para resolver o problema, para o caso das peças de suporte aos moldes móveis, não foi possível executar tal como descrito, dada a geometria da peça e a localização dos furos, figura 6.12.

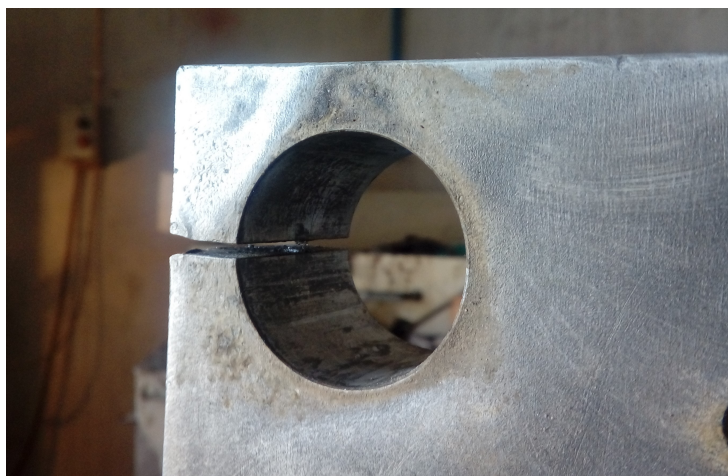


Figura 6.12: Furo de aperto do tubo guia

A solução passou por passar de furo M6 para M8, mantendo o processo inicial semelhante ao referido na quarta solução descrita nos pontos anteriores, mas no final roscando diretamente no alumínio, sem roscas postiças.

A gama de maquinaria neste caso em específico foi a seguinte:

1. Fresagem com fresa de topo de diâmetro 6 mm, 2300 rpm, penetração de 40 mm;
2. Furação (alargamento) dos primeiros 25 mm, zona passante, broca de 8,5 mm, 250 rpm;
3. Fresagem da caixa de alojamento da cabeça do parafuso de cabeça cilíndrica sextavada interior, 8 mm de profundidade, fresa de topo com diâmetro 16 mm e 500 rpm (não era necessário a caixa ser tão grande em termos de diâmetro mas por falta de fresa com diâmetro 14 mm teve de ser forçosamente de 16 mm);
4. Roscagem manual do furo inferior, M8, com o primeiro, segundo e terceiro machos sucessivamente.



Figura 6.13: Roscagem do furo com macho



Figura 6.14: Aspeto final

Em suma o processo de desmontagem que supostamente seria rápido, em condições normais, acabou por se tornar de elevada dificuldade e longo, pelas diversas razões já

mencionadas. É importante referir que para a nova máquina foram necessárias 8 estações. No entanto foram desmontadas 9 com o objetivo de ter alguns componentes de salvaguarda e que acabaram por ser necessários.



Figura 6.15: Estação parcialmente desmontada

6.6 Limpeza das estações de colagem

Depois das estações estarem desmontadas o suficiente para a remoção e substituição dos componentes mais críticos passou-se para a fase da limpeza e polimento.

As estações, tal como todo o restante material a aproveitar, encontravam-se com bastante sujidade. Não só oxidação natural do material mas também grandes quantidades de pasta seca. Todo o processo foi realizado na serralharia, devido às poeiras envolvidas, e foram utilizados equipamentos de proteção específicos, mais precisamente óculos de proteção, máscara de poeiras e ainda tampões auditivos.

6.6.1 Polimento

O polimento foi a melhor solução encontrada para recuperar alguma aparência brilhante das peças em alumínio que constituem as estações de colagem.

Antes de se iniciar o polimento propriamente dito foi passado com um pano e com espátula nas zonas com maior acumulação de pasta seca e realizado um sopro rápido com ar comprimido, retirando desde logo uma primeira camada de pó.

Seguidamente procedeu-se ao polimento, realizado com o auxílio de rebarbadora com disco de lixa e berbequim com acessórios (escovas de aço). Nas figuras 6.16 e 6.17 estão representados, respetivamente, os estados inicial e final da base de uma estação.



Figura 6.16: Base da estação antes

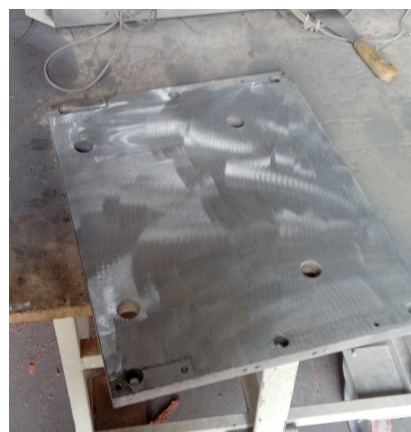


Figura 6.17: Base da estação depois

A utilização do berbequim é de maior utilidade em zonas inacessíveis com o disco de lixa. Por exemplo em cantos, rebaixamentos ou outros "obstáculos", como demonstrado na figura 6.18. A desvantagem da utilização destes acessórios é o acabamento dado à superfície, ficando esta com uma maior rugosidade, visível a olho nu, proporcionando uma maior facilidade de retenção do pó existente no ar do espaço fabril proveniente das prensas.

Relativamente aos tubos guia horizontais, apesar de apresentarem evidências de degradação, ainda assim tentou-se fazer uma limpeza interior com recurso a escovilhão interior e berbequim, tal como representado na figura 6.19. No entanto constatou-se que, de facto, os tubos não se encontravam em condições de voltar à sua função, figura 6.20.



Figura 6.18: Polimento com escova de aço



Figura 6.19: Limpeza com escovilhão

6.6.2 Outras alternativas de limpeza testadas

Foram testadas outras alternativas de limpeza como a utilização de químicos corrosivos. O luminos, produto de limpeza de cobre e alumínio, apresentou resultados pouco positivos, ao contrário do que seria de esperar. Apenas em superfícies já polidas melhorou o



Figura 6.20: Tubo de guia horizontal degradado

brilho, mas nas zonas mais escuras pouco melhorou.

Tentou-se também a utilização de ácido clorídrico. Este já apresentou alguns resultados satisfatórios em algumas zonas, mas sendo necessárias várias adições de ácido sobre as superfícies. Constatou-se que o polimento é a melhor solução para a situação em causa. Após a limpeza dos componentes principais das estações organizaram-se as mesmas e os respetivos parafusos como demonstrado na figura 6.21.



Figura 6.21: Estação após a limpeza e polimento

6.6.3 Limpeza e polimento das guias horizontais

Os varões de guiamento horizontal foram também limpos com um pano, fixos no torno com apoios em bronze para não riscar o varão. Esta primeira limpeza tem como objetivo de remover óleos secos e poeiras. Depois da primeira limpeza estes ainda se encontravam em mau estado devido à sua longa utilização. De forma a corrigir isso foi feito um polimento e posterior retificação manual com lixas de 80 e 600 (grãos de areia por centímetro quadrado) respetivamente, figura 6.22.



Figura 6.22: Polimento de guia horizontal com lixa

6.7 Substituição de componentes das estações de colagem

6.7.1 Compressão horizontal

Como já foi referido anteriormente, foi necessário realizar a substituição dos tubos guia horizontais. Foi feito o respetivo desenho de definição a partir de um exemplar existente em estado aceitável (o melhor encontrado). Relativamente aos ajustamentos dos diâmetros interiores, estes basearam-se nos requisitos dos novos casquilhos lineares que iriam ficar alojados nos tubos (IGLIDUR M250 MSM-2026-30).

Na figura 6.23 está representado o desenho do tubo, também em tamanho real no anexo H.

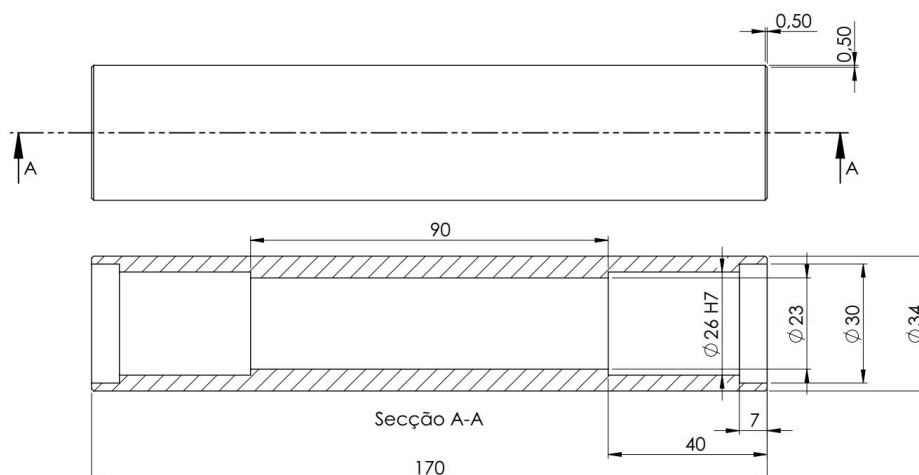


Figura 6.23: Desenho de definição do tubo guia horizontal

Para além dos tubos e casquilhos, foram também substituídos os raspadores, que têm como função evitar a entrada de sujidade no interior dos tubos. Estes encontravam-se secos e quebradiços.

6.7.2 Compressão vertical

No sistema de compressão vertical, também este constituído por um cilindro e dois varões guia, foram substituídos os componentes seguintes:

- Varões de guiamento, em aço com superfície em cromo duro, desenho no anexo I;
- Casquilhos lineares Igus DryLin R-12 JUM-02-20, substituindo os rolamentos de esferas recirculantes, figura 6.24;
- Retentores, cuja função é limpar o varão e impedir sujidade de entrar para os casquilhos, neste caso;
- Alguns parafusos de união dos varões à placa móvel.

Os componentes relativos aos cilindros propriamente ditos, tal como para os cilindros de compressão horizontal, estão contemplados na secção 6.8.



Figura 6.24: Casquilhos lineares Igus DryLin e retentores já aplicados

6.7.3 Aparadeiras

No sistema das aparadeiras, todos os cilindros foram substituídos por uns totalmente novos, pois não se justifica a reparação dos mesmos.

6.8 Desmontagem, limpeza e reparação/verificação de cilindros e válvulas

6.8.1 Cilindros horizontais

Os cilindros horizontais, também denominados por cilindros de curto curso, são responsáveis pelo movimento da componente horizontal dos moldes.

A sua reparação consistiu na substituição de todos os vedantes, retentores e freios interiores de fixação. A sequência de ações realizada resume-se nos seguintes pontos:

1. Aplicação de *spray* de descalcificação no freio interior;
2. Remoção do freio (ou anel elástico interior) com alicate de freios apropriado, figura 6.25;
3. Remoção do êmbolo com auxílio de um parafuso sem fim roscado no êmbolo, figura 6.26;
4. Limpeza e substituição dos vedantes e retentor da cabeça;
5. Remontagem e aplicação de novo freio;
6. Substituição dos acessórios de conexão de entradas de ar comprimido;
7. Testes de avanço e recuo.



Figura 6.25: Remoção do freio



Figura 6.26: Remoção do êmbolo

6.8.2 Cilindros verticais

No que toca aos cilindros verticais, inicialmente ponderou-se adquirir também os kits de reparação com todos os vedantes e retentores. No entanto, e tendo analisado os custos que essa substituição implicaria (cerca de 80 % do custo dos cilindros novos), foi feita uma análise à priori do estado dos vedantes dos mesmos.

Verificou-se que o estado dos vedantes era aceitável, tendo-se procedido apenas à substituição do retentor da cabeça de cada cilindro. Este retentor tem como função garantir que a haste do cilindro, no momento de recuo, não entre com sujidades exteriores.

Há que ter em conta que estes cilindros trabalham numa zona superior aos moldes, e portanto acabam por estar mais resguardados à presença de água e pasta, o que não acontece com os cilindros horizontais.

Após os procedimentos de limpeza e substituição dos componentes já mencionados os cilindros ficaram de novo funcionais e com aparência aceitável, algo que antes não se verificava, como demonstra a figura 6.27.



Figura 6.27: Cilindro vertical antes à esquerda e depois à direita

6.8.3 Cilindros dos multiplicadores

Os cilindros dos multiplicadores de pressão da barbotina são constituídos por dois tipos de cilindros, tal como já foi referido anteriormente. Uns são em alumínio, trabalham a ar e são semelhantes aos cilindros verticais das estações de colagem. Pelas mesmas razões apresentadas para estes últimos, também apenas se substituíram os retentores da cabeça. Os outros, trabalham com água, são em aço inoxidável e o seu considerável pior estado no interior justifica-se pelo facto de trabalharem com água com elevados níveis de calcário. Foi então necessário substituir todos os vedantes dos êmbolos bem como os retentores das cabeças que vêm incluídos nos kits de reparação dos cilindros.

6.8.4 Válvulas COAX

Tal como mencionado na lista de material, secção 6.4, foram previamente encomendados kits de reparação que contêm todos os vedantes, raspadores e *o-rings* existentes nas válvulas e que obviamente sofrem desgaste ao longo do tempo de funcionamento das mesmas.

Iniciou-se o processo de reparação e limpeza pela desmontagem cuidadosa de cada válvula, figura 6.30.

Foram retirados os vedantes, raspadores e *o-rings*. De seguida foi feita a lavagem dos componentes metálicos das válvulas, deixando-os de molho em "siq mil 200s", um desengordurante. Após algumas horas foram retiradas e escovadas. Observou-se que este produto apesar de retirar efetivamente a gordura não retira vestígios de pasta existentes nos componentes. Posteriormente passaram-se as peças por água limpa e escovaram-se os componentes novamente.

Por fim foi feita a remontagem já com os novos vedantes e parafusos exteriores banhados a zinco. A figura 6.29 representa uma das válvulas COAX após a limpeza e remontagem.



Figura 6.28: Válvula COAX antes



Figura 6.29: Válvula COAX depois



Figura 6.30: Desmontagem de válvula COAX

6.9 Desmontagem da antiga máquina de asas

Inicialmente a data prevista para a entrega, por parte da empresa Bresimar, das mesas de suporte às estações de colagem era a meados do mês de Abril. No entanto só foram recebidas na Costa Verde dia 15 de Maio.

A desmontagem (parcial) e remoção da antiga máquina foi realizada na semana antes, de forma a garantir a libertação do espaço para a nova máquina de asas.

Primeiramente analisaram-se as fontes de abastecimento à máquina: eletricidade, água, ar comprimido e barbotina. Simultaneamente localizaram-se os passadores onde era possível cortar o abastecimento sem prejudicar as máquinas adjacentes.

A etapa seguinte consistiu em desligar o quadro totalmente e posteriormente remover toda a cablagem entre o quadro e a máquina.

A ação de remover os cabos é de esforço físico elevado, tendo sido necessárias várias pessoas. A cablagem, após removida das calhas e valas, foi enrolada em "bobines".

Alguns componentes específicos foram desmontados ainda no local, como os tapetes de entrada e saída, e as luminárias em volta da máquina. Para a remoção destas últimas foram tomadas cautelas adicionais visto que a sua alimentação era independente da alimentação proveniente do quadro da máquina, provavelmente porque foram instaladas à posteriori.

Os apoios da máquina foram desaparafusados (os que foram possíveis) e os restantes cortados. Depois de a máquina estar totalmente solta e sem ligações físicas foi transportada, ainda montada, para fora do espaço fabril útil, com empilhador.

Após a libertação do espaço foi feita a desmontagem dos restantes componentes da máquina antiga que se tinham contabilizado como "aproveitáveis" para a nova máquina.

Desmontaram-se válvulas de solenóide de água, tubos em inox de alimentação de pasta, reguladores de caudal, eletroválvulas, etc.

6.10 Montagem das estações de colagem

Depois de reunido todo o material necessário às reparações dos componentes das estações, concretizou-se sequencialmente a montagem das mesmas. A montagem esteve muitas vezes limitada por falta de material. Atrasos na entrega de alguns retentores de cabeça, tubos de guiamento horizontal e kits de reparação foram causando algum atraso, apesar de terem sido encomendados com alguma antecedência.

Na figura 6.31 está representado um momento ainda durante a montagem, em que é possível observar os varões de guiamento horizontais, os tubos fixos à placa móvel do molde e o cilindro horizontal ou de curto curso.

Por sua vez na figura 6.32 está exposta uma das estações após a montagem.

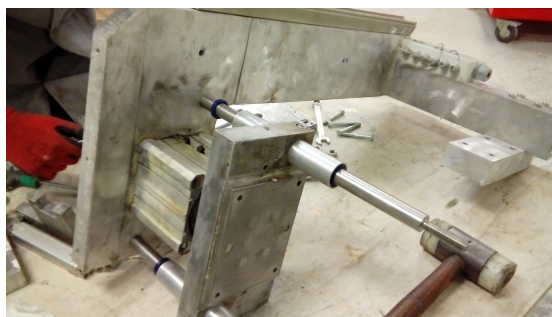


Figura 6.31: Estação em montagem

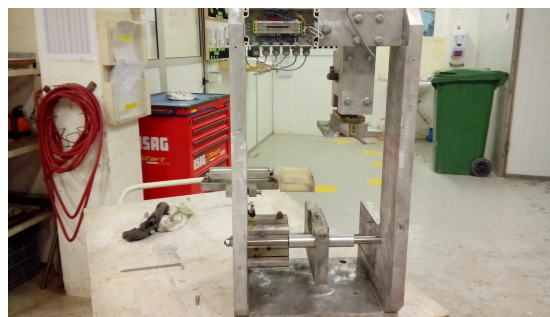


Figura 6.32: Estação montada

6.11 Início dos trabalhos nas mesas de suporte às estações

6.11.1 Posicionamento das mesas

Tendo já as mesas de suporte às bases das estações de colagem prontas a utilizar, estas foram colocadas numa posição provisória, com a ajuda de porta paletes, de acordo com a planta definida no projeto. Este posicionamento inicial teve como objetivo a definição das zonas onde deveriam ser feitas as valas para passagem da cablagem bem como dos esgotos da máquina de asas.

Depois de definida a posição geral da máquina, foi o momento de a equipa de abertura de valas realizar o seu trabalho.

6.11.2 Montagem das estações nas mesas

Simultaneamente aos trabalhos de abertura das valas, as estações de colagem foram montadas nas mesas, numa zona periférica, e posteriormente transportadas de novo para a zona definitiva. Foi feito um reposicionamento das mesas na posição e disposição aproximada à final, figura 6.33.



Figura 6.33: Estações já montadas nas mesas em disposição aproximada à final

6.11.3 Montagem dos multiplicadores e tubagens

Após o segundo reposicionamento iniciou-se a montagem dos multiplicadores, tubagens e válvulas COAX.

Multiplicadores

Para a montagem dos multiplicadores de pressão de barbotina foi necessário adaptar os suportes dos cilindros, visto que estes eram incompatíveis com as mesas das estações. A adaptação consistiu em cortar os "pés", que permitem a fixação do suporte, e soldá-los numa posição mais próxima, tornando possível a fixação às mesas. A soldadura foi realizada com eletrodo revestido e no final foi feita uma pintura manual em ambos os suportes.

Nas figuras 6.34 e 6.35 estão representados os estados antes e depois da adaptação, respetivamente.



Figura 6.34: Suporte antes da adaptação



Figura 6.35: Suporte após a adaptação

Tubagens

As tubagens de barbotina foram montadas, tendo sido feitas, previamente, marcações nas mesas dos locais a furar. Após a furação roscaram-se os furos com machos e foram fixos os tubos através de braçadeiras apropriadas.

Na figura 6.36 apresenta-se uma estação já com as tubagens de barbotina completas, de acordo com os esquemas realizados no início do estágio. São visíveis as 2 saídas de alimentação de barbotina aos moldes, tal como as diversas válvulas COAX e a bomba de membrana. Ainda na mesma figura é possível observar 3 tubos horizontais paralelos em inox, o de cima, o do meio e o de baixo são os tubos de alta pressão de pasta, baixa pressão pasta e retorno para o tanque, respetivamente.

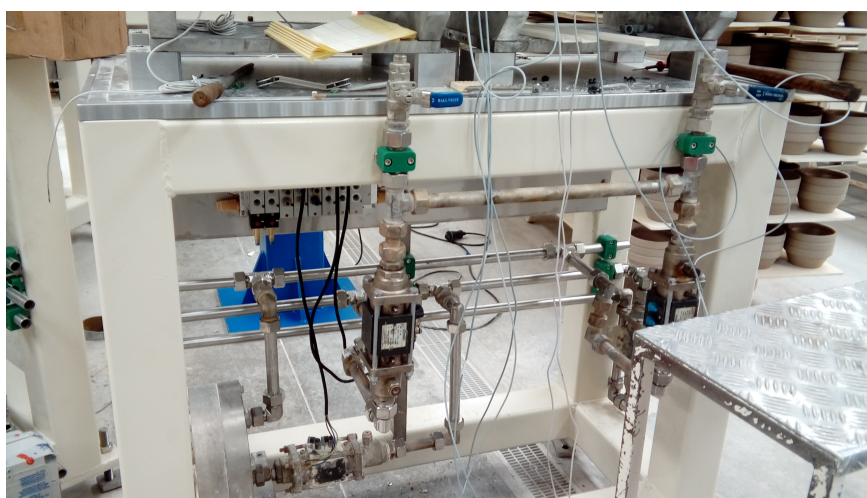


Figura 6.36: Estação já com tubagem de barbotina montada

6.11.4 Montagem de eletroválvulas e multiplicadores de pressão de ar

As eletroválvulas, que têm como função o acionamento pneumático de cilindros e válvulas COAX, foram organizadas por estações e montadas em chapas aplicadas nas zonas inferiores das mesas das estações de colagem. Estas chapas, em inox, foram encomendadas juntamente com cantoneiras de reforço. Foi necessário realizar alguns cortes e rebarbagem de arestas vivas com auxílio de rebarbadora.

Relativamente aos multiplicadores de ar, estes foram também aplicados nas mesmas chapas que as eletroválvulas, através de ligações aparafusadas. Na figura 6.37 é possível observar tanto as eletroválvulas como os multiplicadores de pressão de ar comprimido.



Figura 6.37: Chapa com eletroválvulas e multiplicadores de ar montados

6.11.5 Sensorização e ligações elétricas das estações

A fase de sensorização consistiu essencialmente na substituição e instalação de todos os sensores dos cilindros pneumáticos. Estes sensores funcionam como entradas digitais do PLC e têm a função de informar se os cilindros se encontram recuados ou avançados. No caso dos cilindros reutilizados, como os cilindros de curto curso (compressão horizontal) e verticais, foi feita a remoção dos antigos sensores e instalação de novos.

Por outro lado, no caso dos cilindros novos (aparadeiras) visto que estes não vêm com sensores incluídos foram apenas instalados novos.

Estando já todos os sensores instalados corretamente, foram passados os respetivos cabos pelas calhas, efetuando furos nas mesmas quando necessário. Posteriormente foi realizada a ligação às caixas elétricas individuais de cada estação. A identificação de todos os cabos no momento é indispensável, não só para facilitar a instalação, mas também no futuro, no caso de uma eventual substituição ou reparação. A figura 6.38 retrata a instalação dos sensores num cilindro de curto curso e a figura 6.39 o momento em que é feita a ligação dos sensores à caixa, sendo também visíveis as etiquetas de identificação dos mesmos.



Figura 6.38: Cilindro com novos sensores



Figura 6.39: Ligação da cablagem dos sensores

6.11.6 Instalação de calhas e tubagem de ar comprimido

Conjuntamente com os cabos dos sensores foi passada toda a tubagem de ar comprimido para todos os cilindros pneumáticos. As calhas em PVC foram previamente cortadas e coladas com "cola e veda". Mais uma vez foi realizada a identificação de todos os tubos pelas razões já mencionadas. Com o intuito de agrupar toda a tubagem utilizaram-se mangueiras helicoidais à saída das calhas, figura 6.40 .



Figura 6.40: Estações já com tubagem de ar instalada

6.12 Sugestão de programa do autômato

Nesta secção apresenta-se um planeamento e parcial implementação de um programa para a nova máquina de asas. Apesar de a empresa Bresimar estar responsável pela realização do programa da máquina optou-se que seria útil pensar e planejar, de forma autónoma, sobre o mesmo, aprofundando assim o conhecimento e percepção do funcionamento da máquina. A razão pela qual se procedeu desta forma será detalhada no capítulo das conclusões.

Relativamente ao programa, este centrou-se numa breve abordagem a algumas questões pertinentes no que toca à programação da máquina. Mais exatamente à questão da principal rotina do programa (a rotina de cada estação de colagem), grafcet no anexo J e excertos nas figuras 6.41 e 6.42, e a questão da sequência de operações e relações entre rotinas, grafcet global no anexo K e excerto do mesmo na figura 6.45. O programa foi realizado para um autômato da Siemens, de modelo S7 1200, com o *software* da Siemens, o *TIA Portal v13*, e simulado com o *software* de simulação associado, o *PLC SIM*.

6.12.1 Rotina individual de cada estação

A máquina de asas possui 4 estações duplas, mas apesar de estas 4 estações nunca trabalharem exatamente em simultâneo, a rotina individual de cada estação é semelhante pois a sequência de operações nas estações é a mesma.

No anexo J encontra-se o grafcet de baixo nível da rotina individual de uma estação de colagem. Nele estão contempladas todas as fases de um ciclo de colagem.

Relativamente às restantes estações, na rotina apenas diferem as variáveis, nomeadamente as saídas (cilindros e válvulas) e entradas (sensores).

Definiu-se que o ciclo individual de cada estação possui 18 operações. O ciclo inicia-se pela operação 10 em que todos os cilindros estão recuados, figura 6.41. Esta decisão foi tomada tendo em conta um dos problemas da antiga máquina. Ao que relataram alguns operadores, a antiga máquina, por vezes, e sem explicação aparente, iniciava o ciclo sem permissão fechando de imediato os moldes, tendo provocado lesões graves em alguns casos. Possivelmente porque a primeira operação do programa seria "fechar os moldes".

Após a primeira operação o ciclo vai progredindo, com a execução sequencial das operações, tendo como condições de transição temporizadores, estado dos sensores dos cilindros e válvulas, sensores de presença e autorizações do robô, figuras 6.41 e 6.42.

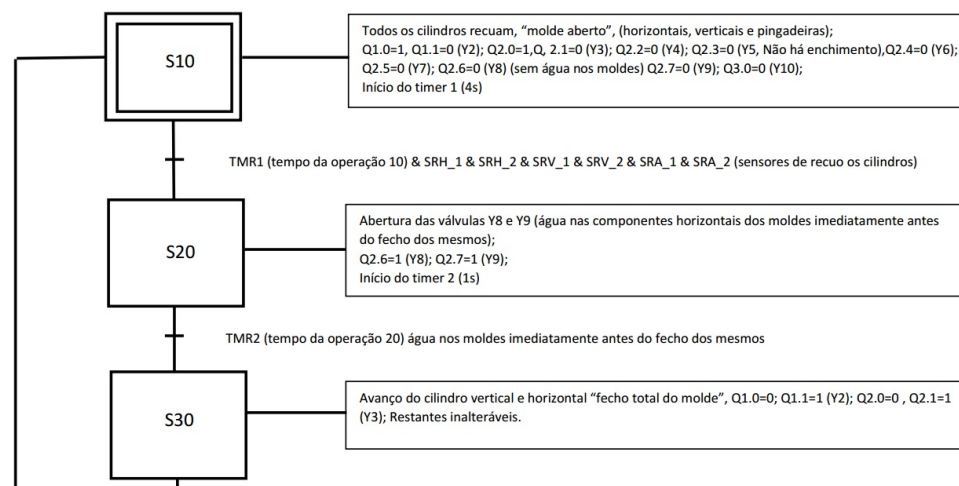


Figura 6.41: Excerto do grafcet de uma estação de colagem

Estimou-se um tempo de ciclo de aproximadamente 76 segundos. Os tempos estão detalhados na tabela 6.1 e no grafcet do anexo J. Obviamente que este tempo é um tempo aproximado e que poderá ser aumentado consoante a cadência do robô ou do abastecimento, por exemplo. Um dos momentos em que pode haver atraso no ciclo é na transição entre as operações 50 e 60, figura 6.42.

A operação 50 é um momento de espera pelo robô, imediatamente antes de se iniciar o enchimento dos moldes com barbotina através da bomba (primeira fase de enchimento). O robô estará em comunicação constante com o autômato e permitirá esta troca de informação através da manipulação de variáveis. Mas neste caso em específico da operação 50, essa autorização não significa que o robô esteja já nesse momento pronto para a manipulação. Significa sim que à partida estarão todas as condições reunidas para que no momento da colagem o robô esteja disponível e com chávenas. Essas condições são a existência de chávenas suficientes nos tapetes e uma posição específica do ciclo do robô que garanta que este chegará a tempo.

Este momento de espera pode em alguns casos ser mais longo dependendo da razão do atraso e daí nesta operação ser feita a humidificação dos moldes regular (de 15 em 15 segundos), por exemplo, de forma a garantir a sua conservação.

Por outro lado, na transição entre as operações 130 e 140, têm-se como condições de transição os sensores de avanço dos cilindros das aparadeiras e ainda uma autorização do robô. E esta tem de ser, de facto, uma garantia de que o robô já está efetivamente com as chávenas em posição, prontas a serem coladas. Após essa permissão dada pelo robô, a estação passa para a operação 140 e são coladas as chávenas.

Tabela 6.1: Tabela de tempos de operações de uma estação e multiplicador

Operação	Função	Tempo estimado(s)
10	Cilindros recuados, molde aberto	4
20	Água nos moldes imediatamente antes do fecho	1
30	Avanço dos cilindros horizontais e verticais	6
40	Intervalo de espera após o fecho dos moldes	2
50	Espera pelo robô e alimentação de chávenas	3
60	Enchimento com bomba	10
70	Enchimento com multiplicador	20
80	Alívio de pressão	4
90	Recuo do multiplicador	2
100	Avanço do multiplicador (limpeza)	3
110	Recuo do multiplicador e subida dos cilindros verticais	1
120	Água nos moldes durante a subida dos cilindros	2
130	Avanço das aparadeiras	1
140	Colocação das chávenas em posição de colagem	2
150	Colagem das asas por vibração de ultra sons	5
160	Fixação da chávena (travão da ventosa)	1
170	Recuo dos cilindros horizontais	3
180	Robô retira das chávenas (inclui verificação de asas)	6
Total		76

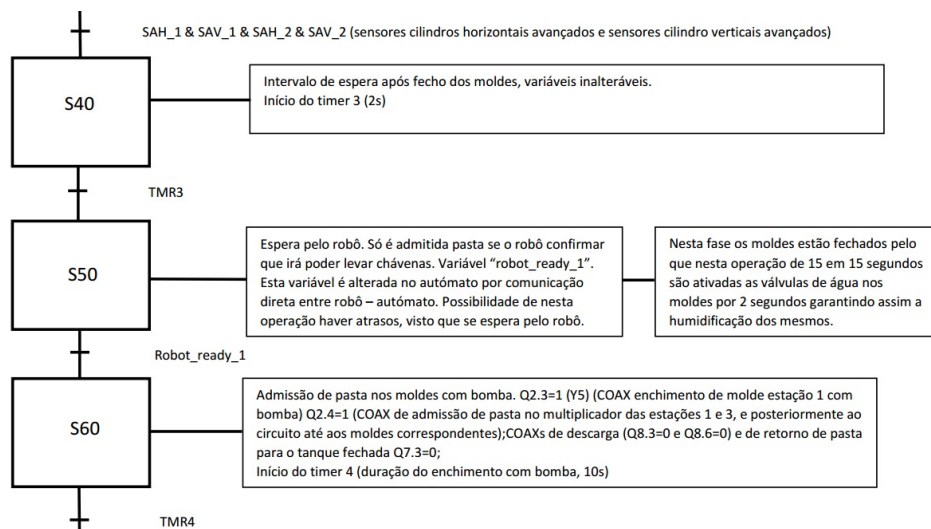


Figura 6.42: Excerto 2 do grafcet de uma estação de colagem

6.12.2 Relação entre rotinas

Após a execução do primeiro grafcet passou-se para uma fase de análise da interligação entre as rotinas individuais de cada estação. Há que relembrar que as estações 1 e 2 possuem o mesmo multiplicador de pressão de barbotina pelo que estão parcialmente dependentes uma da outra, tal como as estações 3 e 4, pelo mesmo motivo.

A questão de haver "partilha" de multiplicador em duas estações implica que estas nunca possam estar em simultâneo em enchimento à pressão de 20 bar, ou seja, à pressão máxima. Por essa razão e também pelo facto das variáveis relativas a cada multiplicador serem comuns às respetivas estações de colagem, definiu-se que o mais lógico seria fazer uma rotina também para cada multiplicador. Na figura 6.43 encontra-se a proposta da sequência de execução das rotinas do programa, de forma simplificada.

Como é possível observar na mesma figura, definiram-se como rotinas iniciais as rotinas da primeira estação e dos tapetes e robô. À medida que o ciclo da primeira estação vai decorrendo, a uma dada altura a estação solicita o multiplicador que lhe corresponde, neste caso o primeiro multiplicador e no momento de enchimento com bomba, operação 60 da estação. Note-se que na realidade o enchimento com bomba não requer a utilização do multiplicador de barbotina em si, mas implica a manipulação de variáveis das válvulas. A ideia pretendida é, visto que essas variáveis das válvulas são comuns a duas estações, ser a rotina do multiplicador a controlá-las. Ficando nestes momentos as rotinas do multiplicador e da estação em questão a decorrer em "paralelo". Assim são evitadas sobreposições de instruções pois apenas numa rotina são feitas as alterações. Ainda na figura 6.43 algum tempo após o arranque da estação 1 arranca a estação 3 e posteriormente o multiplicador correspondente. Este arranque sequencial existe para dar algum tempo de intervalo entre estações ao robô para poder manipular as chávenas.

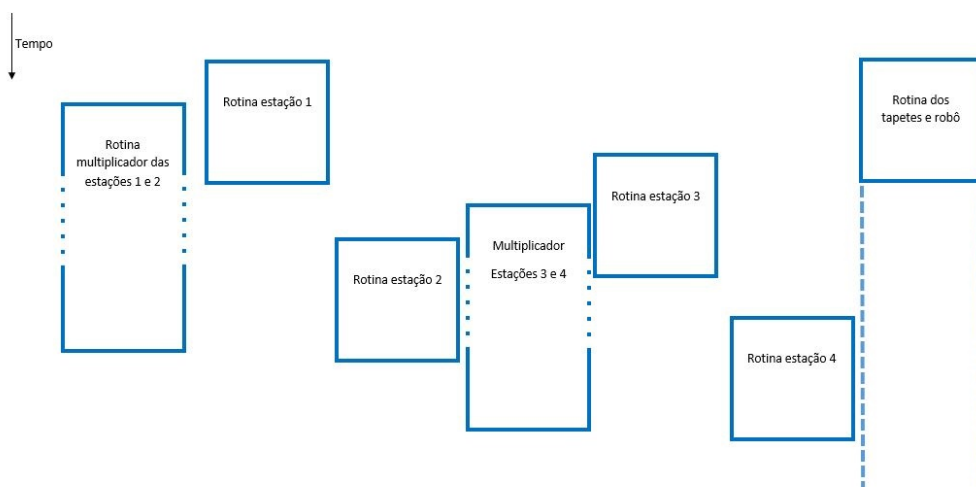


Figura 6.43: Sequência de operações do programa

6.12.3 Temporização das rotinas

Tendo por base o grafcet válido para uma rotina ao qual corresponde um tempo de ciclo individual de 76 segundos, fez-se um diagrama temporal, figura 6.44. Neste diagrama é possível observar que a estação 1 inicia o seu ciclo ao tempo nulo e a estação 3 inicia passados 25 segundos. Este atraso foi definido propositadamente de forma a que entre cada estação o robô tenha alguma margem de tempo que lhe permita levar e ir buscar as chávenas ao tapete. Repare-se que neste caso é de 11 segundos (linha a tracejado azul, figura 6.44). Analisando os tempos pode afirmar-se desde já que em princípio o

limitador da célula será o robô. Isto porque apesar de ser possível otimizar mais os ciclos de estações, reduzindo o tempo de atraso entre arranques sucessivos de estações, isso iria fazer com que praticamente não houvesse tempo disponível para o robô manipular as chávenas, e tal não é possível.

Há que ter em conta que esta análise não significa que as chamadas das funções ou rotinas das estações sejam com base apenas no tempo. O que se pretendeu com esta temporização foi tentar prever a melhor combinação e simultaneidade, tentando "encaixar" as rotinas umas nas outras e tornando o sistema possível e eficiente. Obviamente que parte das condições de transição entre operações estarão dependentes do andamento global da máquina, mais concretamente do robô, do abastecimento de chávenas e das rotinas das estações.

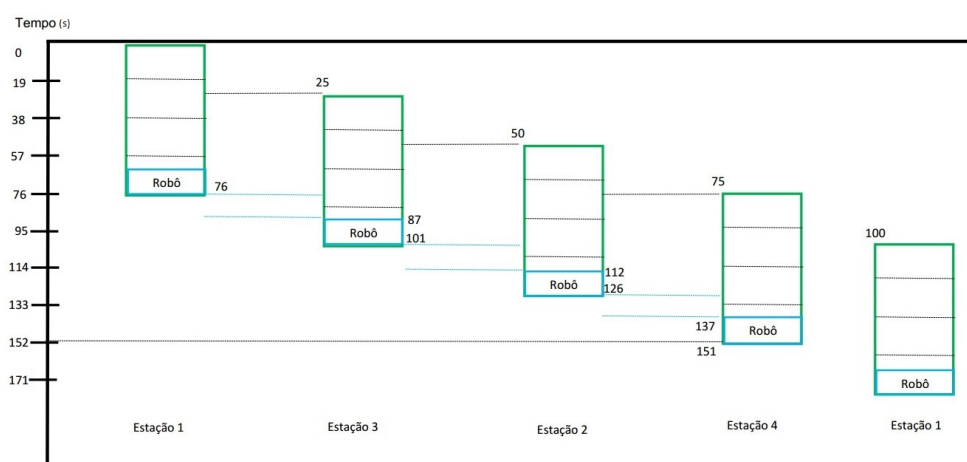


Figura 6.44: Sugestão de temporização das rotinas das estações

6.12.4 Grafcet global

Após uma análise relativamente superficial sobre como se relacionam as rotinas, descrita na secção 6.12.2, procedeu-se à realização do grafcet global do sistema, com o programa *JGrafchart*. Neste grafcet é possível compreender de uma forma mais detalhada a interligação sugerida para as diversas rotinas do programa.

No anexo K encontra-se uma versão compacta do grafcet global, em que essencialmente se apresentam as rotinas das estações e multiplicadores. Na figura 6.45 apresenta-se uma parte do mesmo.

Como é possível observar, as rotinas de um multiplicador podem ocorrer em simultâneo com as rotinas das estações. E na realidade é isso que se pretende, mas no momento certo.

A rotina da estação 3, por exemplo, iniciará numa fase em que a rotina da estação 1 já se encontra em execução, e a dada altura solicita o multiplicador (operação 60, figura 6.46). Nesse momento as rotinas ocorrem em simultâneo.

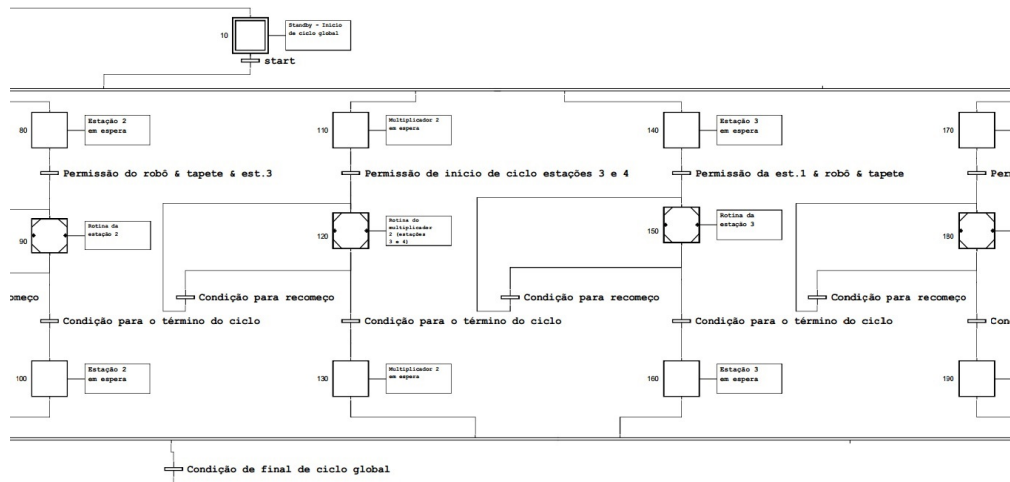


Figura 6.45: Excerto do grafcet global, versão compacta

Em suma pretende-se que seja possível que todas as rotinas ocorram em simultâneo, porque fisicamente as operações são também simultâneas. As condições de transição e de chamada de rotina é que têm de garantir que em casos de eventuais atrasos se mantenha algum tempo de desfasamento entre estações, de forma a garantir sempre algum tempo ao robô para a manipulação das châvenas. Tal como para evitar solicitações comuns ao mesmo multiplicador. Os atrasos podem surgir tanto nos ciclos das estações, como na manipulação (robô) ou ainda no abastecimento e recolha da máquina (dependência externa).

Na figura 6.46 expõem-se um excerto também do grafcet global, mas desta vez da versão extensa. O grafcet completo encontra-se em anexo (anexo L). Neste é mais perceptível em que momentos se dão as chamadas das diversas rotinas. Repare-se, por exemplo, na chamada da rotina do multiplicador 1, necessária para a estação 1 após a operação 50. Neste caso a condição de transição é ter em simultâneo: autorização do robô, multiplicador 1 pronto e estação 3 pronta. Com esta condição válida são chamadas as rotinas do multiplicador 1 e da estação 3. Após a validação as rotinas do multiplicador 1 e da estação 1 decorrem em paralelo e sincronismo, sendo as variáveis das válvulas COAX alteradas exclusivamente pela rotina do multiplicador. Por sua vez as variáveis de cilindros e válvulas de água da estação são controladas pela própria rotina da estação. A estação 3 no momento em análise inicia o seu ciclo e passados alguns instantes, após a operação 50, tal como sucedeu para a estação 1, solicita o multiplicador correspondente, neste caso o multiplicador 2.

A chamada de rotinas continua de modo semelhante para as restantes rotinas.

6.12.5 Implementação do programa no *TIA Portal*

A etapa seguinte após a obtenção dos grafkets foi a implementação parcial em programa de autómato, através do *TIA Portal*. Tendo como referência a ideia geral da organização das rotinas já explorada, passou-se à criação das funções do programa propriamente dito, em linguagem *ladder*.

O programa é constituído por uma função principal que faz a gestão e chamada das

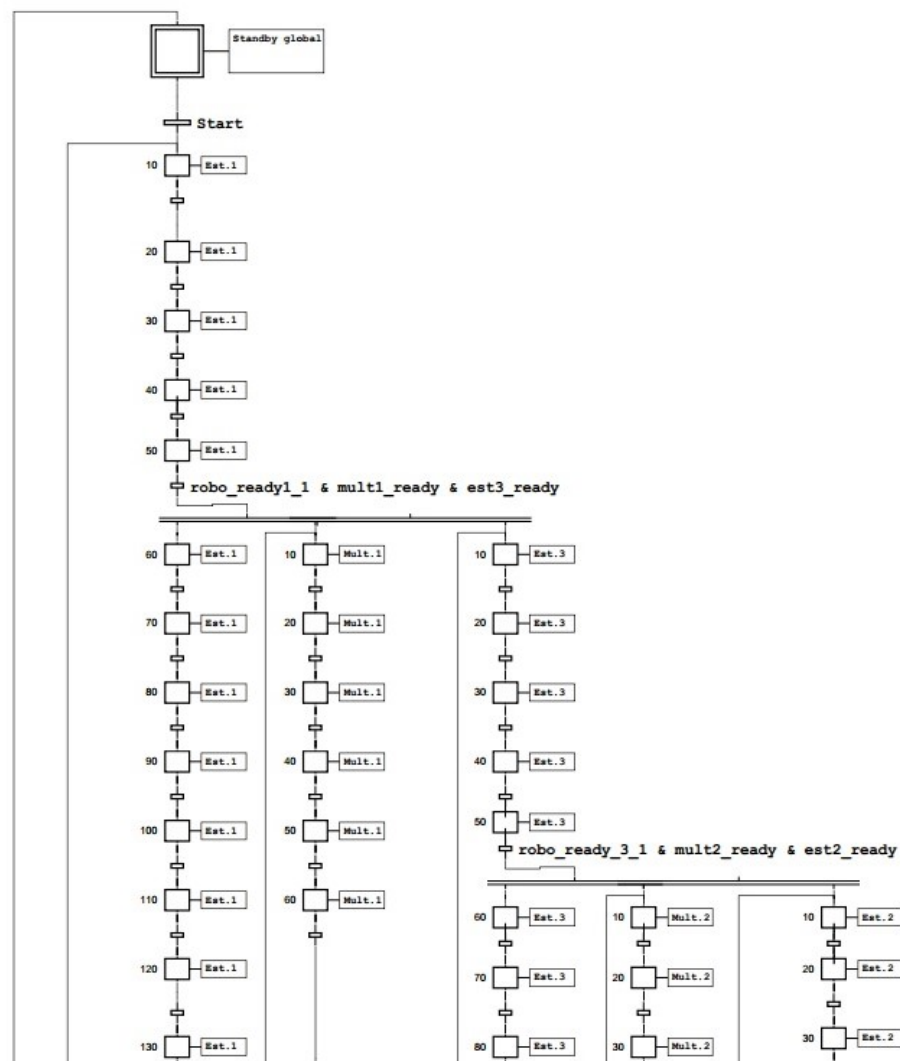


Figura 6.46: Excerto do grafcet global, versão extensa

outras funções. Este *Program block* é denominado por "*main*".

Como já foi mencionado, definiu-se que cada multiplicador teria a sua função/rotina, tal como cada estação dupla de colagem. Definiu-se também que existiria uma função para controlo dos tapetes. Na figura 6.47 são visíveis no separador dos *Program blocks* as funções utilizadas, bem como os DBs (*Data blocks*). Optou-se por fazer o programa parcial, apenas com 2 estações e um multiplicador, de forma a simplificar a simulação através do *PLC SIM*, dado o número de variáveis envolvidas. Como é possível observar, ainda na mesma figura, cada estação e multiplicador possui um *Data block* criado automaticamente (associado a cada função) e outro criado à parte com o objetivo de neste serem guardadas as variáveis necessárias, demonstradas detalhadamente na figura 6.48.

Tendo já as funções e zonas de memória reservadas, foram definidas as entradas e saídas digitais, necessárias para a realização das funções. As entradas e saídas não são mais

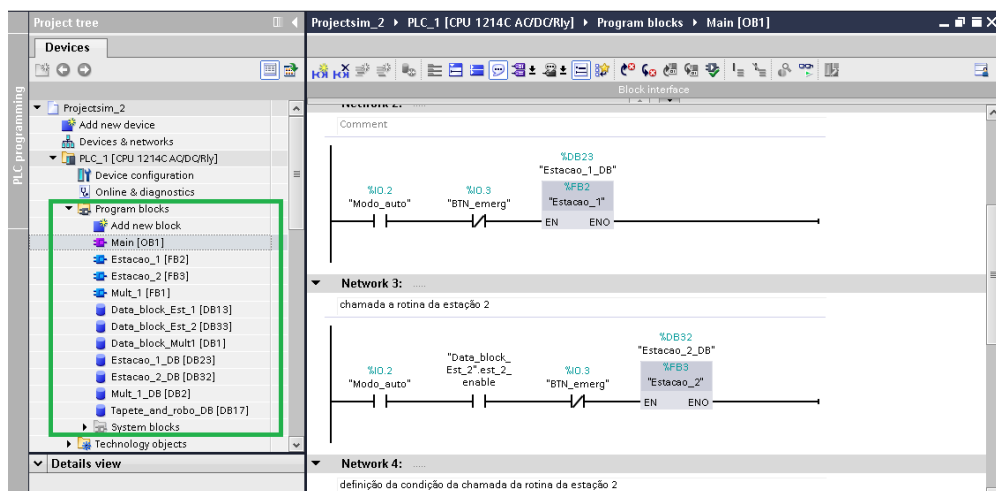


Figura 6.47: Funções e blocos de memória utilizados

Name	Data type	Start value	Retain	Accessible ...	Visible in ...	Setpoint	Com...
1	Static						
2	Est_op10	Bool	false				oper...
3	Est_op20	Bool	false				
4	Est_op30	Bool	false				
5	Est_op40	Bool	false				
6	Est_op50	Bool	false				
7	Est_op60	Bool	false				
8	Est_op70	Bool	false				
9	Est_op80	Bool	false				
10	Est_op90	Bool	false				
11	Est_op100	Bool	false				
12	Est_op110	Bool	false				
13	Est_op120	Bool	false				
14	Est_op130	Bool	false				
15	Est_op140	Bool	false				
16	Est_op150	Bool	false				
17	Est_op160	Bool	false				
18	Est_op170	Bool	false				
19	Est_op180	Bool	false				
20	Est_standby_global	Bool	false				
21	Est_op200	Bool	false				
22	Permissao_start_est...	Bool	false				
23	SRH_1	Bool	false				sens...

Figura 6.48: Variáveis do *Data block* da estação 2

do que todos os sensores, eletroválvulas, motores, etc. Essa definição foi concretizada através da criação de uma tabela de *Tags*, ou seja, uma tabela em que são atribuídos nomes às saídas e entradas que se pretendem. Na figura 6.49 estão representadas parte das entradas e saídas.

A etapa seguinte foi a programação das funções e as suas interligações em que se utilizaram as variáveis criadas nos *Data blocks* respetivos e combinadas de acordo com o que estava definido nos graficets. Foram usados temporizadores, instruções de *set* e *reset* e outras ferramentas comuns nesta linguagem de programação, *ladder*. Na figura 6.50 apresenta-se uma amostra do programa da estação 1 em que são visíveis as condições de transição da operação 30 para a 40. Neste caso é necessário a condição 20 (anterior) estar ativa e a 40 (posterior) inativa, e os sensores de avanço dos cilindros verticais e horizontais devem estar também ativos. Ao ocorrer a transição de operação a anterior fica automaticamente inativa.

De um modo geral procedeu-se de forma semelhante para o resto do programa.

Name	Data type	Address	Retain	Visibl...	Acces...	Comment
2	COAX_est_1_mult	Bool	%Q1.0			
3	COAX_est_1_2_alivio	Bool	%Q2.0			
4	COAX_mult_1_in	Bool	%Q3.0			
5	SRM1	Bool	%Q0.1			sensor de recuo multiplica...
6	SAH1	Bool	%Q0.1			sensor de avanço múltiplo...
7	Modo_auto	Bool	%Q0.2			modo automático
8	BTN_emerg	Bool	%Q0.3			Botão de emergência
9	Mult_1_avanco	Bool	%Q8.0			
10	Mult_1_recuo	Bool	%Q16.0			
11	TEST_1	Bool	%Q16.1			
12	TEST_2	Bool	%Q16.2			
13	COAX_est_2_bomba	Bool	%Q0.1			
14	COAX_2_est_mult	Bool	%Q1.1			
15	SRH_1_est_1	Bool	%I1.2			sensor de recuo horizontal...
16	SRH_2_est_1	Bool	%I1.3			
17	SAH_1_est_1	Bool	%I1.4			
18	SAH_2_est_1	Bool	%I1.5			sensor de avanço horizont...
19	SRV_1_est_1	Bool	%I1.6			sensor de recuo vertical es...
20	SRV_2_est_1	Bool	%I1.7			
21	SAV_1_est_1	Bool	%I2.0			sensor de avanço vertical ...
22	SAV_2_est_1	Bool	%I2.1			
23	SAAP_1_est_1	Bool	%I2.2			sensor de avanço aparade...
24	SAAP_2_est_1	Bool	%I2.3			

Figura 6.49: Variáveis de entrada e saída

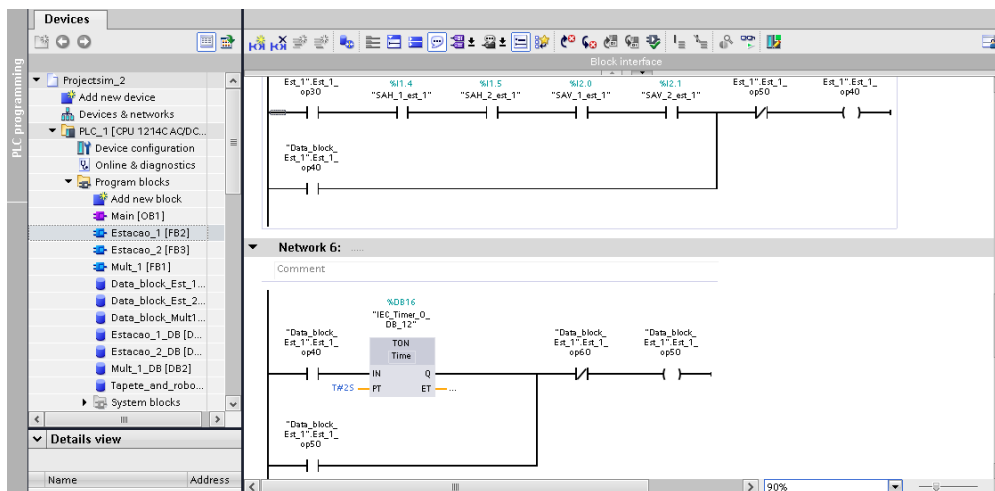


Figura 6.50: Programação da função da estação 1

A simulação, através do *PLC SIM*, permitiu simular o programa, manipulando as variáveis físicas com o intuito de permitir a progressão dos ciclos, figuras 6.51 e 6.52. Rapidamente se constatou que para programas com algumas tarefas a ocorrer em simultâneo, como é o caso, a simulação apenas através da manipulação de variáveis torna-se complexa. Neste tipo de programas o mais indicado seria a utilização de um *software* que permitisse simular todo o processo com CAD. A *Siemens* possui soluções para estes casos, como por exemplo o *Siemens PLM Software (product lifecycle management)*. Este *software* permite a simulação de programas de PLC com modelos CAD e inclusive adicionar interações com operadores humanos e com outras máquinas. É uma ferramenta fundamental em indústrias onde exista um grande número de máquinas industriais interligadas, sendo possível simular praticamente a totalidade de um espaço fabril de elevada complexibilidade.

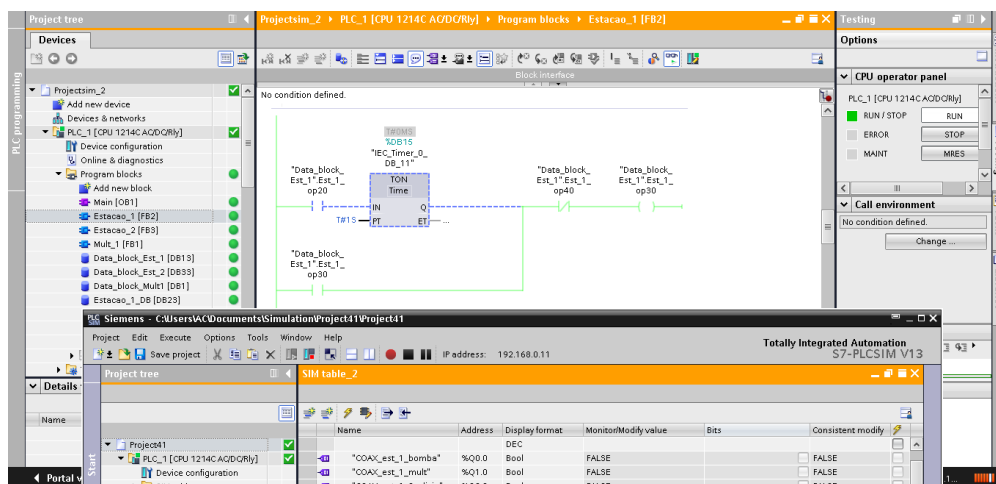


Figura 6.51: Simulação do programa com vista em ladder

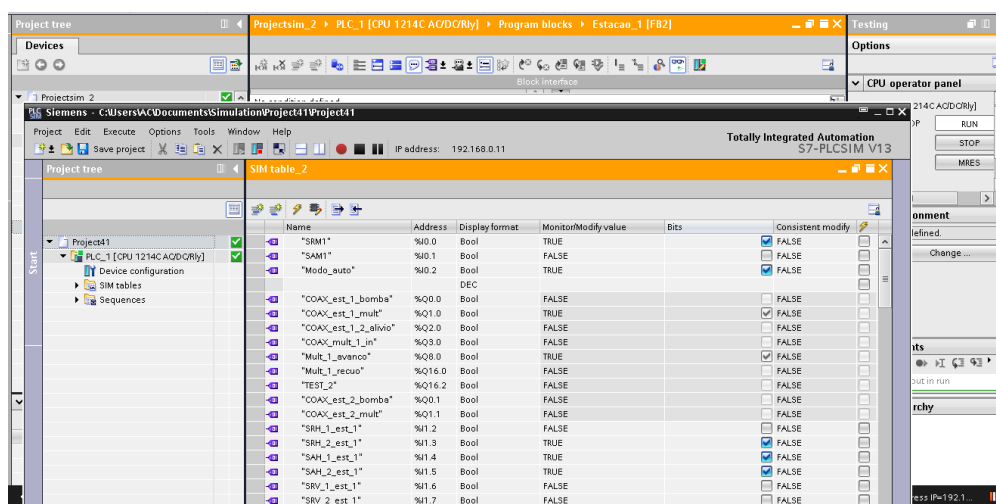


Figura 6.52: Simulação do programa com manipulação de entradas e saídas

Capítulo 7

Apoio na substituição de um sistema de cames por um autômato industrial

A minha participação nesta tarefa teve essencialmente a função de apoio ao Edgar Mendes, parceiro de estágio. O principal objetivo definido para o trabalho foi a substituição de um sistema de cames mecânico por um autômato S7 1200 da Siemens para uma máquina de acabamento de pires, MR2 (máquina de *rolls* 2).

7.1 Enquadramento

A máquina não possuía qualquer problema antes da intervenção, pelo que não se tratava de uma operação urgente. Ainda assim, e visto tratar-se de um sistema muito ultrapassado nos dias que correm, fazia todo o sentido fazer este melhoramento da máquina. Isto porque os sistemas de cames mecânicos, como o existente antes da intervenção, atualmente já praticamente não são fabricados. Uma eventual avaria poderia comprometer a máquina por algumas semanas, situação que não seria nada positiva.

7.2 Procedimento

O primeiro passo foi analisar a documentação técnica da máquina, incluindo circuitos elétricos e lista de posições de "liga" e "desliga" das cames. De seguida iniciou-se o contacto com o autômato e módulos de saídas. Nesta fase a minha participação centrou-se na compreensão de como se iria desenvolver o projeto e também na ajuda nas primeiras ligações do autômato. Conjuntamente com o Edgar Mendes e com auxílio do Sr. Telmo realizaram-se alguns testes de comunicação entre o *software* de programação, o *TIA Portal v13*, e o autômato.

Após o programa estar completo procedeu-se à substituição física do sistema antigo pelo autômato. Na figura 7.1 está representado o estado intermédio da transformação, onde ainda é visível o sistema de cames mecânico, e na figura 7.2 o estado final.

As dificuldades encontradas durante a "transformação" derivaram do facto de algumas das cames e as suas respectivas posições de ligar e desligar não corresponderem à informação da documentação, por terem sido alteradas posteriormente. Foi então necessário em alguns casos analisar visualmente e testar manualmente as cames e confirmar em que posição (0 a 360 graus) ligavam e desligavam. Estas pequenas afinações foram feitas também conjuntamente com os habituais operadores da máquina que conheciam perfeitamente o seu funcionamento e os *timings* das etapas do ciclo.

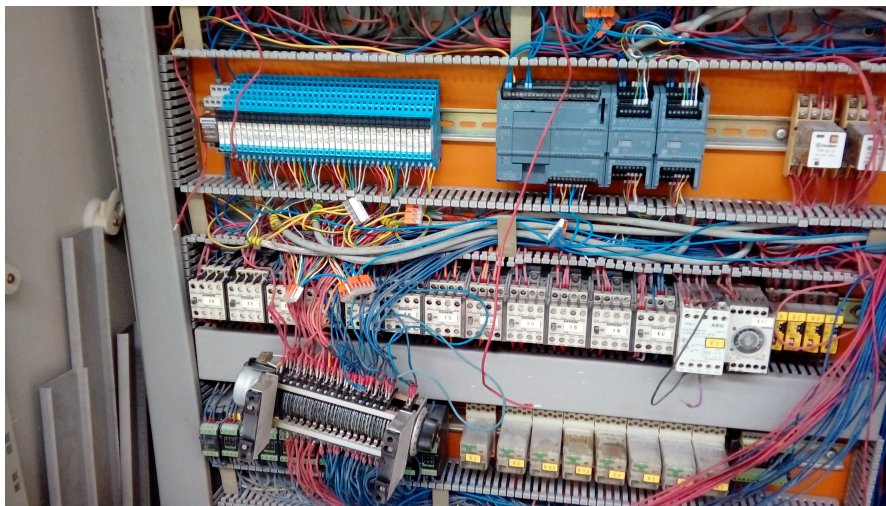


Figura 7.1: Quadro elétrico em processo de alteração

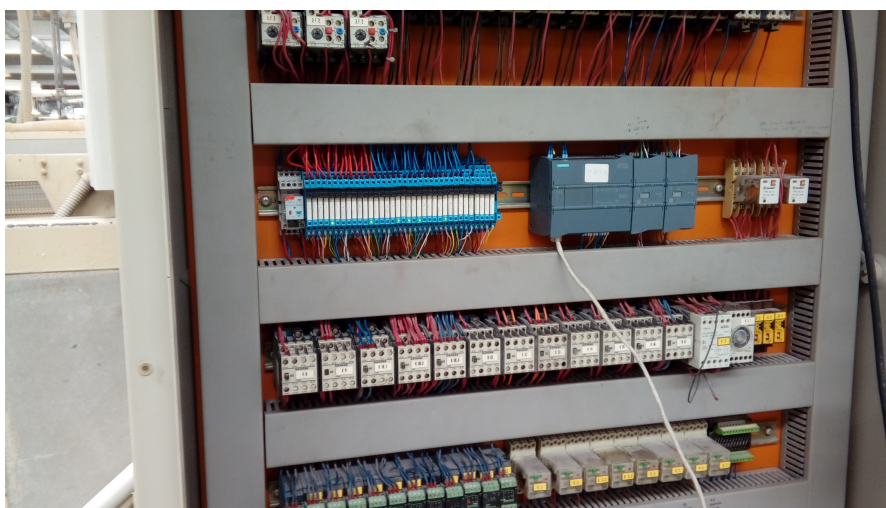


Figura 7.2: Quadro elétrico já com autômato

Capítulo 8

Substituição de um rolamento de um robô industrial

A substituição de um rolamento de um robô industrial foi mais um dos desafios propostos durante o período de estágio e que é independente do projeto principal. Esta tarefa foi realizada no início do mês de abril.

8.1 Enquadramento

O robô em questão é um robô de 6 graus de liberdade, Mitsubishi Melfa RV-6SL (figura 8.1), integrado numa célula de prensagem (prensa 7) em que a sua função é aperfeiçoar as arestas exteriores de pratos, com o auxílio de esponjas rotativas. O robô possui seis juntas rotacionais e tem a capacidade máxima de 6 Kg na garra. No momento em que nos foi proposta esta tarefa o robô já se encontrava retirado da célula onde opera.

8.2 Procedimento

O procedimento iniciou-se pelo transporte do robô através de um carro de transporte até ao local onde se procedeu todo o processo de reparação. A desmontagem de um robô tal como de outros equipamentos de relativa elevada complexidade implica alguns procedimentos no momento da desmontagem para que a montagem seja facilitada. Nomeadamente na organização e divisão dos componentes.

A aquisição de imagens ao longo da desmontagem é também recomendado e mostrou-se extremamente útil. À medida que foi feita a remoção de parafusos e componentes foi feita desde logo a sua divisão em caixas diferentes, cada uma para cada zona do robô.

O rolamento que necessitava de ser substituído era o rolamento da primeira junta, ou seja, da junta mais inferior e a que suporta maiores esforços visto que todas as restantes juntas e estrutura do robô são desta junta para cima. Apesar de existir um acesso inferior a esta junta, a substituição do rolamento obriga a que a junta 1 tenha de ser totalmente desacoplada.

Como o peso do robô é elevado foi necessário desmontar totalmente a junta 2. E foi exatamente por esta última que se iniciou a desmontagem. Foi retirada a calha de

proteção do elo que une as juntas 2 e 3 e a tampa da junta 2 (lado oposto). Captaram-se imagens e de seguida retirou-se o "novelo" de cabos que se encontravam alojados entre o motor e a cavidade do motor (junta 2), figura 8.2. Algumas braçadeiras que amarravam alguns grupos de fios tal como fitas de borracha que evitam o desgaste dos fios foram cuidadosamente retiradas.



Figura 8.1: Robô Mitsubishi Melfa RV-6SL Figura 8.2: Interior da junta 2 do robô

O passo seguinte consistiu na desunião das fichas que unem os cabos ao longo das juntas. Todos os pares de fichas possuíam identificação, o que facilitou na posterior fase de montagem. Depois das fichas desligadas foi necessário passar toda a cablagem por dentro do motor da junta 2 com o objetivo de poder retirar todos os elos a partir da junta 2 para cima. Em todos os elos existem geralmente 2 furos roscados utilizados para auxiliar a desmontagem das juntas, tal como nos motores. Ao enroscar os dois parafusos nestes furos (apertando os dois alternadamente) a junta ou motor vai "afastando lentamente" e desta forma é possível separar os componentes sem esforço, como demonstrado na figura 8.3.

Foi feita então a separação da junta 2 e retirado o "braço superior" constituído pelos elos e juntas 3 a 6.

A etapa seguinte foi a remoção cuidadosa do motor da junta 2. A remoção deste motor é imprescindível pois sem a sua remoção parte dos parafusos da junta 1 estão inacessíveis. Desapertaram-se os parafusos da junta 1 e seguidamente foi feita a desunião dos componentes.

Na zona do motor da junta 1 existe uma tampa de acesso direto que foi aberta para que fosse possível a remoção também do motor da junta 1. Nesta altura o rolamento já

se encontrava acessível, acoplado ao motor. Foi feita a sua substituição cuidadosa. Na figura 8.4 estão representados o rolamento novo e o antigo.

O processo de montagem foi inverso da desmontagem, tendo sempre por base as imagens adquiridas anteriormente. Há que destacar o facto de que houve um intervalo de cerca de 3 semanas entre o momento da desmontagem e da montagem. Tal justifica-se pela necessidade de adquirir extensores para chaves que eram necessários para a remoção do motor da junta 1 e 2, devido aos difíceis acessos dos parafusos. Durante a montagem todos os parafusos foram apertados cuidadosa e progressivamente. Ainda assim alguns deles foram substituídos.

Foi adicionada massa branca na cablagem que passa no interior dos motores das juntas 1 e 2. Esta massa diminui o coeficiente de atrito entre os cabos e a superfície interior dos motores fazendo com que o desgaste seja reduzido. Ainda com o mesmo objetivo, em curvaturas acentuadas da cablagem existem mangas de borracha que evitam o "corte" dos cabos com os movimentos.

Foi montado o motor da junta 1, seguidamente o da junta 2 e recolocadas as restantes juntas que se encontravam unidas. Aproveitando a ocasião do robô estar parado, foram ainda substituídas as pilhas de memória dos *encoders* do robô, localizadas numa placa removível na zona inferior, junto ao motor da junta 1.



Figura 8.3: Separação de componentes

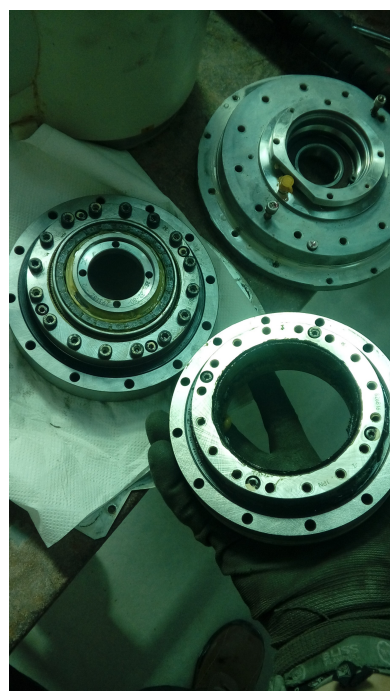


Figura 8.4: Rolamentos da junta 1

Capítulo 9

Implementação de um sistema de humedificação de moldes

9.1 Utilidade e aplicabilidade do sistema

O sistema de humedificação desenvolvido tem como utilidade a humedificação dos moldes da nova máquina de asas com o quadro geral desligado. Inicialmente este sistema foi pensado ainda para antiga máquina de asas.

A problemática existente antes da implementação deste sistema é que, quando o quadro estava desligado a máquina ficava totalmente desligada. A questão só é pertinente pelo facto dos moldes das asas se danificarem quando secos, visto serem feitos em plástico poroso. O método de armazenamento dos mesmos é geralmente num recipiente com água. Mas, obviamente que em situações de paragem da máquina, por exemplo durante a noite, não faz sentido estar a retirar todos os moldes.

De forma a contornar parte deste problema, a máquina possui uma rotina no próprio programa nativo que faz essa humedificação, mas isso implica que o quadro tenha de estar ligado e portanto há um consumo energético desnecessário.

O que se fez foi criar um sistema autónomo e independente do quadro geral, mas que só entra em funcionamento quando o quadro está desligado. Esta tarefa foi realizada juntamente com o Edgar Mendes, parceiro de estágio.

Este sistema foi aplicado e testado na antiga máquina de asas, mas posteriormente foi montado na nova máquina de asas, mantendo a mesma função.

9.2 Funcionamento e implementação

A implementação deste sistema consistiu na ligação e montagem de uma caixa elétrica constituída por um interruptor e um botão de pressão, ambos com luz sinalizadora, figura 9.1. Programou-se o temporizador através de uma combinação de patilhas possível (60 segundos ligado com 10 minutos de intervalo, iniciando-se pelo ciclo "ON"). A alimentação deste sistema está condicionado por um relé alimentado a 24 V, a funcionar em modo normalmente fechado, diretamente do quadro da máquina. Quando o quadro

está ligado o relé encontra-se ao corte e o sistema não está alimentado. Por outro lado, quando o quadro está desligado o sistema está ativo e é feito o ciclo normalmente. A humidificação dos moldes é feita através de água à temperatura ambiente proveniente da alimentação da máquina de colagem de asas. Foi utilizada uma eletroválvula de solenóide que define se há passagem ou não de água para os moldes, ligada à saída do temporizador.

A luz azul do botão de pressão simboliza que a válvula se encontra aberta. É ainda possível abrir a válvula manualmente pressionando o botão de pressão a qualquer altura desde que o quadro esteja desligado. Nas ligações dos cabos utilizaram-se ponteiras e conectores wago.

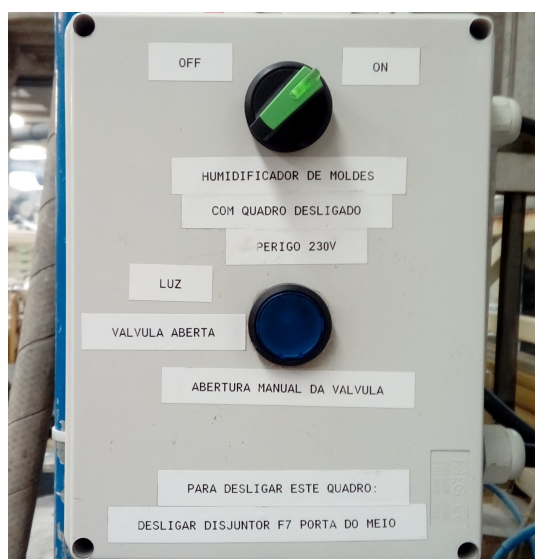


Figura 9.1: Sistema de humidificação em funcionamento

9.3 Circuito elétrico

Na figura 9.2 encontra-se representado o circuito elétrico que traduz o funcionamento do sistema. Por motivos de estética optou-se por colocar lado a lado ambas as partes do circuito, a 220 V (alimentação geral) e 24 V (proveniente do quadro).

Capítulo 10

Resultados atingidos nas atividades

10.1 Estado final da máquina de asas

Sendo o acompanhamento do projeto e construção da máquina de asas a principal atividade do estágio, este exigiu uma maior disponibilidade em termos de horas de trabalho. Ainda assim, e dado o grande desafio que foi desde o princípio e o envolvimento de várias partes, nem tudo ficou concluído. Na quarta parte serão analisadas ao detalhe todas estas questões.

À data do final do estágio a máquina não ficou concluída, apesar de todo esforço realizado. Nas figuras 10.1 e 10.2 apresenta-se o estado final da máquina. Como se demonstra pelas figuras, as estações ficaram totalmente montadas nas mesas de apoio, já com parte da instalação pneumática e elétrica. As eletroválvulas e válvulas COAX estão já também na sua disposição final, tal como os multiplicadores de barbotina e de ar. Grande parte da cablagem entre as estações e o quadro já está também concretizada.

Como é facilmente perceptível ainda há trabalho em falta que será continuado principalmente pelo Sr. Telmo e pela Bresimar. Das tarefas em falta destacam-se as seguintes:

- Concluir as ligações de barbotina, água e ar comprimido;
- Concluir as ligações elétricas às caixas principais de cada estação (atuação de eletroválvulas);
- Instalar o robô, tapetes de entrada e saída, e barreiras de proteção;
- Implementar os programas de autómato e robô e efetuar testes e alterações;
- Verificação de seguranças da máquina;
- Realizar testes de validação globais (processo de colagem, etc);



Figura 10.1: Máquina de asas parcialmente montada 1



Figura 10.2: Máquina de asas parcialmente montada 2

10.2 Estado final da máquina MR2 de acabamento

Após os procedimentos realizados na máquina MR2 de acabamento de pires, tal como descrito subcapítulo 7.2, o estado final do quadro está representado na figura 7.2 .

Ao longo dos primeiros dias após a intervenção foram feitas algumas alterações em termos de ajuste de tempos, solicitadas pelos operários das máquinas. O que se pretendeu foi replicar exatamente o funcionamento anterior da máquina. Estes ajustes foram rea-

lizados pelo responsável do trabalho, o Edgar Mendes.

A paragem da máquina por alguns dias (os necessários para a implementação do autómato) provocou alguns problemas mecânicos num dos motores das esponjas que foi rapidamente resolvido por outros elementos da manutenção. Tal deve justificar-se pelo facto de não ser habitual a máquina estar tanto tempo parada.

Nas figuras 10.3 e 10.4 expõem-se a máquina MR2 de acabamento em testes finais com um pires de teste.

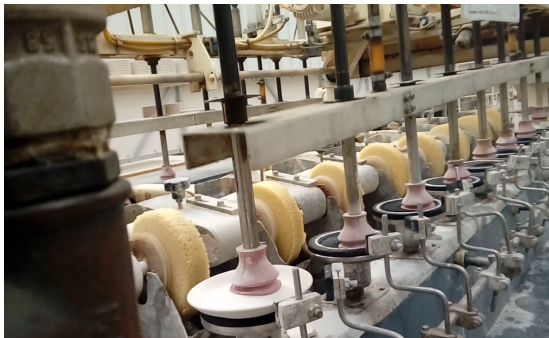


Figura 10.3: Máquina MR2 em teste 1



Figura 10.4: Máquina MR2 em teste 2

10.3 Estado do robô

Relativamente ao robô, apesar de o rolamento ter sido substituído, ainda não se encontra em funcionamento. Aguarda uma verificação e teste por parte de outros membros da manutenção da Costa Verde.

Na célula industrial da prensa 7, onde é comum o robô operar, existem robôs de reserva para as situações em que é necessário reparar algum deles, pois a célula não pode parar.

10.4 Sistema de humedificação aplicado na nova máquina de asas

Tal como já foi referido, o sistema de humedificação ainda foi instalado e testado na antiga máquina de asas, mas o verdadeiro objetivo era implementá-lo na nova máquina. A instalação da caixa elétrica com os componentes foi fixa na zona inferior de uma das mesas das estações com cantoneiras de inox, cujo o resultado final se apresenta na figura 10.5.



Figura 10.5: Sistema de humidificação instalado na nova máquina de asas

Parte IV

Conclusões

Capítulo 11

Análise do percurso e da evolução dos trabalhos

11.1 Prazos previstos e prazos reais do projeto da máquina de asas

Analisando o cronograma das atividades previstas, e confrontando com o que realmente foi concretizado não é possível afirmar que todos os objetivos foram cumpridos na sua totalidade. No anexo N encontra-se uma segunda versão do cronograma com os prazos reais que efetivamente aconteceram. Na figura 11.1 encontra-se parte desse mesmo cronograma.

O que se verifica é que inicialmente tudo decorreu dentro dos prazos previstos (cor verde), mas a dada altura houve tarefas que se prolongaram um pouco mais (cor amarela). A cor azul estão os prazos previstos.

Os atrasos começaram a verificar-se nas tarefas de reparação dos componentes das estações. Em parte dos componentes, como os tubos de guiamento e alguns kits de reparação, os prazos de entrega não foram cumpridos, apesar da insistência da parte da Costa Verde (Sr. Mário). Também se verificaram atrasos por parte da Bresimar, mais precisamente na entrega das mesas de suporte às estações de colagem.

Todos estes atrasos foram-se propagando e são o espelho da dificuldade que é a construção de uma máquina industrial. Principalmente em situações em que há dependência de muitas partes como é neste caso.

Apesar de estar definido no cronograma como meta final o pleno funcionamento da máquina, a meu ver foi bastante ambicioso tendo em conta os prazos das responsabilidades da Bresimar (parte nova da máquina). Também o estado pouco favorável do material a recuperar em nada facilitou o processo de recuperação, muito pelo contrário, tal como foi descrito na descrição das reparações das estações de colagem. O processo foi longo e difícil. Em muitos momentos foi posta em causa a viabilidade da recuperação dos componentes, visto o que está em causa é uma máquina "nova".

É importante referir que todo o trabalho foi realizado com grande autonomia, mas sempre que necessário com o apoio tanto do Eng. Francisco Proença como de todos os

membros das equipas de manutenção e de IDI. Há que destacar também a forte presença do Edgar Mendes na realização das atividades, pois sem ele muitas das tarefas teriam sido de dificuldade acrescida.

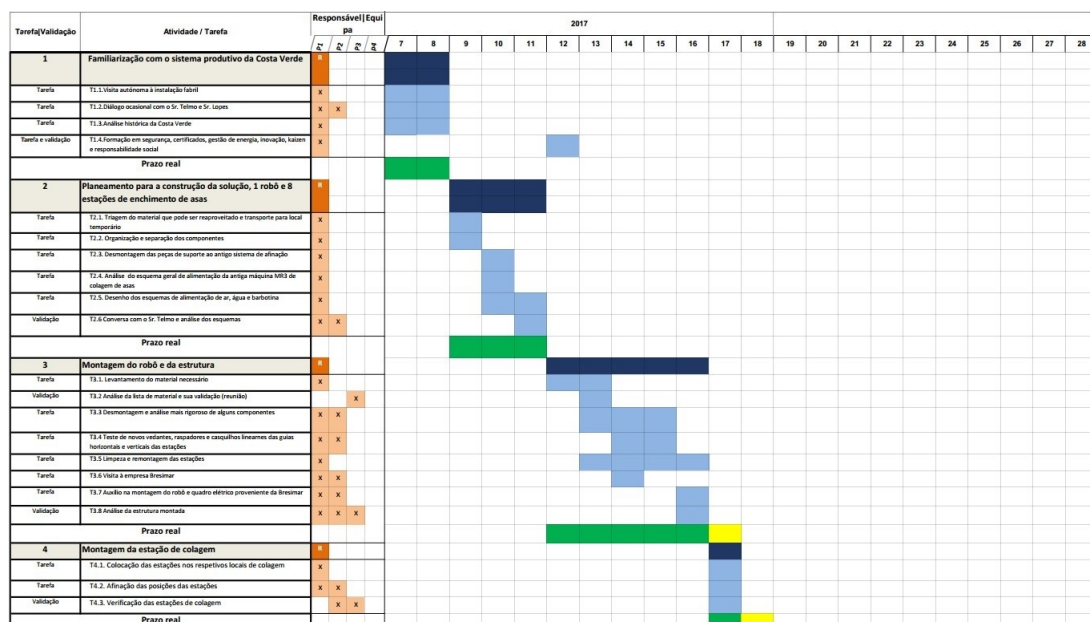


Figura 11.1: Excerto do cronograma com desdobramento de prazos reais

11.2 Sugestão de programa de autómato

Relativamente à sugestão de programa de autómato, há que referir que não era exatamente o que estava previsto pela Costa Verde. Isto porque estando a empresa Bresimar encarregue de realizar o programa não faria muito sentido estar a fazer o mesmo.

A ideia que me foi transmitida foi que a minha participação nesta componente do projeto seria a de adaptação do programa de origem às necessidades da Costa Verde. Analisando o programa original e efetuando as alterações necessárias. No entanto, e tendo em conta os atrasos que se verificaram, não foi possível obter nenhuma primeira versão do programa por parte da Bresimar. Pelo que se decidiu que seria importante realizar o exercício de planeamento e estudo de um programa alternativo. Esta tarefa acabou por ser útil a título pessoal porque me permitiu desenvolver mais algumas capacidades, nomeadamente na estratégia de programação da máquina, bem como na utilização do *software* de programação da Siemens, o *TIA Portal*.

11.3 Competências adquiridas

Em termos de competências adquiridas, o estágio foi muito rico. Pela experiência num verdadeiro espaço industrial, onde diariamente houve confrontos com problemas reais e desafiantes. E também pela interação com outras empresas, principalmente com a Bresimar.

Adquiriram-se competências na área de gestão de projeto utilizando técnicas Kaizen (auxiliadas por membros do IDI), competências de nível técnico e prático em automação, eletricidade, sistemas pneumáticos e mecânicos (auxílio essencialmente do Sr. Telmo). Ainda na parte prática melhoraram-se as tradicionais técnicas de corte, rebarbagem, polimento, furação, fresagem, soldadura entre outras.

Foi possível sentir as dificuldades de fazer a transição do "papel" para a realidade, tal como de gerir e ser responsável por determinadas tarefas. Houve momentos também de tensão e pressão impostas por operários da máquina MR2 de acabamento e chefes de turno, pela necessidade de ter a máquina operacional e continuar a produção o mais rápido possível. Todos estes momentos contribuíram de forma positiva para um desenvolvimento pessoal e profissional.

Em suma pode concluir-se que o estágio proporcionou uma aprendizagem e aplicação de conhecimentos de diversas áreas de grande utilidade para o futuro.

11.4 Balanço global

Apesar de alguns objetivos parcialmente cumpridos, fazendo um balanço global o estágio foi bastante positivo. O principal objetivo que consistia no acompanhamento no projeto e construção da nova máquina de asas concretizou-se, de uma forma bastante ativa. Relativamente às restantes atividades realizadas no período de estágio o balanço foi também positivo. O variado leque de competências, adquiridas nas circunstâncias já descritas, proporcionaram, a meu ver, uma boa preparação para o ingresso no mundo do trabalho e para a realidade industrial.

11.5 Sugestão de trabalho futuro

Analisando de uma forma global todo o trabalho realizado, verifica-se que foi despendido grande parte do tempo na recuperação das estações de colagem. Tendo-se obtido no final as estações novamente funcionais.

No entanto, apesar desta recuperação ter significado alguma poupança em termos monetários, a longo prazo poderá não ser a melhor solução. Isto porque, apesar de recuperado, é um sistema antiquado, tendo em conta que a antiga máquina foi fabricada em 2002. O "antiquado" a que me refiro é o facto de ser utilizado única e exclusivamente ar comprimido na atuação dos cilindros, recurso que implica elevados custos energéticos.

O que sugiro é que num futuro próximo, em que a situação seja semelhante, ou numa construção de raiz, possa ser feita uma análise às tecnologias mais recentes e alternativas ao ar comprimido. Atualmente existem soluções de cilindros elétricos, por exemplo da Parker ou da Tolomatic, que substituem cilindros pneumáticos.

Esta é uma evolução que traz grandes vantagens em termos de controlo, e tendo esta possibilidade "em cima da mesa" há que retroceder um pouco e chegar até ao próprio processo, neste caso do fabrico das asas, pondo tudo em causa, mas com vista na melhoria. Ainda assim, dadas as condições em que os cilindros operam, poderiam surgir daí alguns problemas, principalmente devido à presença de água e poeiras. Obviamente

que também teria de ser feita uma análise de viabilidade, em termos de custos, pois atualmente este tipo de tecnologia não é propriamente barata. Em todo o caso, deve ter-se em consideração que geralmente as máquinas industriais operam durante longos anos, e portanto uma eventual redução de consumos energéticos ao longo desse período útil provavelmente compensaria o investimento.

Bibliografia

- [1] Leonor Tavares, *Manual de acolhimento da Costa Verde*, 2017.
- [2] Masaaki Imai, *Gemba Kaizen: A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy, Second Edition*, 2012.
- [3] Mandy88, *Industrial electronics and control, chapter 9: GRAFCET and ladder diagram*, 2007
- [4] Siemens, *Tecnomatix Brochure*, 2017
- [5] Siemens, *Process Simulate Fact Sheet*, 2011
- [6] Tolomatic, Catálogo *ERD ELECTRIC ROD-STYLE ACTUATOR*, 2017
- [7] Igus, Catálogo de casquilhos *Drylin®*, 2017
- [8] Igus, Catálogo de casquilhos *iglidur® M250 - Thick and Robust*, 2017
- [9] Poly Lanema, Catálogo *Casquilhos SELFOIL*, 2017
- [10] Hager, Catálogo *Calhas de distribuição em PVC*, 2017
- [11] Festo, Catálogo *Selected products, Your partner for factory and process automation*, 2014
- [12] Festo, Catálogo *Vacuum generators VAD/VAK*, 2008
- [13] Festo, Catálogo *Pressure boosters DPA*, 2013
- [14] Festo, Catálogo *Standard cylinders DNC, ISO 15552*, 2016
- [15] Festo, Catálogo *Guide units FEN/FENG for ISO cylinders*, 2016
- [16] Druckerhöher, Catálogo *Druckübersetzer pneumatisch*, 2017
- [17] Parker, Catálogo de raspadores *Abstreifring mit Metallmantel*, 2017
- [18] Trelleborg, Catálogo de raspadores *Trelleborg Sealing Solutions - Scraper WRM*, 2017
- [19] Banner, *Limit-Switch Style Machine Safety Switch, Datasheet SI-LS83 and SI-LS100 Series Limit Switch Style*, 2017

- [20] Banner, *SI-LS42 Series Safety Interlock, Datasheet Spring Locking and Solenoid Locking Models*, 2017
- [21] Fuji Electric Co., Ltd., *Instruction Manual - Compact Inverter FRENIC mini*
- [22] Reer, *Mosaic - Modular Safety Integrated Controller, Catalog n. 18*
- [23] SKF, Catálogo de rolamentos *Linear bearings and units with SKF factory pre-lubrication*, 2014
- [24] Coax, *coaxial valve VMK 15 data sheet*, 2013
- [25] SMC, *Installation and Maintenance Manual Auto Switch (Reed switch type) Series D-A73/D-A80 D-A73H/D-A76H/D-A80H*, 2011
- [26] Festo, *Data sheet Proximity sensors SMT/SME-8, for T-slot*, 2017
- [27] Siemens, *Programming Guideline for S7-1200/S7-1500, STEP 7 (TIA Portal) and STEP 7 Safety in TIA Portal*

Parte V

Anexos

Anexo A

Cronograma

[illegible]

[illegible]

p1= Gabriel Faísca
p2= Sr. Telmo Pereira
p3= Eng. Francisco Proença
p4= Bresimar

Anexo B

Análise de riscos

Projeto:

Linha colagem de asas

Descrição: Colocar sim caso haja risco de ocorrência		Sequência razoavelmente previsível ou combinação de eventos	Risco	Probabilidade	Gravidade	Aceitável?	Medida de controlo do Risco	Responsável	Prazo
Impactes Ambientais:									
Solicitar/alterar o licenciamento industrial?	N/A								
Solicitar Estudo de Impacte Ambiental, se o projeto implicar:	N/A								
Novas instalações	N/A								
Aumento significativo da capacidade produtiva (>20 tons/dia)	Não								
Alterações ao processo produtivo, desde que com introdução de novas tecnologias	Não								
Mudança de dimensão ou de localização que possam determinar efeitos ambientais ainda não avaliados	Não								
Há novos aspetos ambientais a considerar?	Não								
Há novos perigos de segurança a considerar?	Sim	Aquisição/construção de máquina	Não cumprimento da diretiva má	1	3	3	Assegurar emissão da declaração CE e manual	Francisco Proença	jun/17
Emissões Gasosas:									
Vai haver produção e/ou alteração das emissões gasosas?	Não								
É necessário colocar chaminé ou alterar existentes?	Não								
Efluentes Líquidos:									
Vai resultar um novo efluente?	Não								
É requerido tratamento?	Sim	Produção de efluentes liquidos	efluente não tratado	1	2	2			
Será necessário descarregar num meio recetor diferente do atual?	Não								
É necessário alterar a atual licença de descarga para contemplar este novo efluente?	Não								
Resíduos:									
Este projeto produz resíduos?	Sim	Produção de resíduos	Destino não adequado de resíduos	1	2	2			
Os resíduos são considerados perigosos?	Não								
Os resíduos requerem alteração das condições existentes (meios de recolha, locais de armazenagem, condições de transporte e/ou novos destinos finais)?	Não								
Ruído:									
Este processo produz ruído?	Sim	Máquina pneumática	Aumentar ruído laboral	1	3	3	Realizar medição ruído	Leonor Tavares	Set
É necessário proceder a novas medições?	Sim	Máquina pneumática	Aumentar ruído laboral	1	3	3	Realizar medição ruído	Leonor Tavares	
Vibrações									
Este processo altera o nível de vibrações existentes?	Não								
É necessário proceder a novas medições?	Não								
Energia- Quando existe risco solicitar o acompanhamento da Equipa de energia no projeto e real									
Este projeto provoca uma alteração do consumo e/ou eficiência energética?	Sim	Robot, sistema penumático, motores para ta	Aumento consumo energia	2	2	4	Avaliação energética	Jorge Marinho	Maio
Solo e Subsolo									
Existe a possibilidade de contaminação do solo e subsolo?	Não								
Segurança									
O estabelecimento projetado necessita de cumprir com a regulamentação de segurança contra incêndios para os estabelecimentos industriais?	N/A								
É garantido que os meios de extinção de incêndio (extintores, e outros sistemas de extinção) são suficientes e adequados?	N/A								
É garantido que os meios de proteção (deteção, alarme, alerta, contenção de derrames, etc...) são suficientes e adequados?	N/A								
É garantida a existência de saídas de emergência em número e largura suficientes e características adequadas?	N/A								
É necessário que os locais de trabalho possuam materiais especiais (pavimentos, portas, paredes, e	Sim	Movimentos do robot	risco mecânico	2	2	4	Assegurar emissão da declaração CE e manual	Francisco Proença	jun/17
É necessário instalar sistemas de proteção em altura (linhas de vida verticais e/ou horizontais)?	N/A								
São garantidas as condições de segurança e higiene no trabalho (instalações sanitárias, vestiários, iluminação, etc...)?	N/A								

O processo manipula/produz produtos cancerígenos ou com consequências para o património genético?	N/A								
Este projeto altera ruído, vibrações e outros agentes físicos?	Sim	Máquina pneumática	Aumentar ruído laboral	1	3	3	Realizar medição ruído	Leonor Tavares	Set
São necessários equipamentos de proteção coletiva (EPC) específicos?	Sim	Movimentos do robot	risco mecânico	2	2	4	Assegurar emissão da declaração CE e manual	Francisco Proença	jun/17
São necessários equipamentos de proteção individual (EPI) específicos?	Sim	Máquina pneumática	Aumentar ruído laboral	1	2	2			
Outras considerações									
Foi tido em conta a opção por materiais menos tóxicos ou perigosos?	N/A								
Os materiais utilizados necessitam de manuseamento e armazenagem especial?	Não								
Os equipamentos de trabalho a adquirir cumprirão o disposto na legislação no que refere à Diretiva máquina (Declaração CE de conformidade, manuais de instruções: original e traduzido na língua portuguesa)?	Sim	Aquisição/construção de máquina	Não cumprimento da diretiva máquina	1	3	3	Assegurar emissão da declaração CE e manual	Francisco Proença	jun/17
Pode ser alvo de registo de patente?	Não								
Recursos Humanos suficientes?	Não								
Possui todos os meios técnicos para a realização do projeto?	Não								
Cópias de segurança dos documentos do projeto?	Sim	Detentores do docs serem estagiários	perca de informação	2	2	4	Realizar cópias de segurança no servidor	Catararina Sousa	28/03/2017
Orçamento para o projeto?	Não								
limitações legais?	Sim	Aquisição/construção de máquina	Não cumprimento da diretiva máquina	1	3	3	Assegurar emissão da declaração CE e manual	Francisco Proença	jun/17
Execução do Projeto									
A execução deste projeto necessita da elaboração de Plano de Segurança e Saúde na fase do projeto?	Não								
É necessário contratualizar com o fornecedor a responsabilidade da gestão de resíduos?	Não								
Técnicos, de qualidade, ou de desempenho									
Confiança na tecnologia/software (complexa)	Não								
Metas de desempenho irreais	Não								
Mudanças na tecnologia usada	Não								
Mudança nos padrões /normas	Sim	Alteração de tarefas na MR3	Não cumprimento correto da tarefa	2	2	4	Elaborar normas e formação	Fernando Portela	01/06/2017
Gestão do Projeto									
Distribuição de Tempo	Não								
Distribuição de Recursos	Não								
Qualidade inadequada	N/A								
Má gestão do projeto	Não								
Organizacionais									
Objetivos de Custo	Não								
tempo	Sim	Entrega de equipamentos por terceiro	Não cumprimento do prazo do projeto	2	2	4	Foco no projeto e controlo sobfornecedores	Francisco Proença	fev
âmbito	Não								
Priorização do projeto	Não								
interrupção do financiamento	Não								
Conflito de recursos com outros projetos	Não								
Externos									
Constangimentos legais futuros	Não								

Construção de Máquina de colagem de asas - Início a 21 fevereiro –Fim 13 de junho –
Gestor de projeto: Eng. Francisco Proença

1. OBJETIVO|ÂMBITO

Âmbito:

- Este projeto insere-se no âmbito de estágio curricular e conclusão de Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica na Universidade de Aveiro
- Tipo de Projeto: Processo (colagem de asas em chávenas)
- Âmbito de atuação: Secção (MR3)

Estado da Arte:

- Atualmente já existe na empresa um posto de trabalho com características semelhantes
- Máquina atual: SAMA DGR-H10 de 2002, com 2 secções e 5 unidades de enchimento cada

Objetivos:

- Métrica – Pleno funcionamento da máquina de colagem de asas
- Meta – Construção da máquina de colagem de asas

Características Inovadoras:

- Manipulação das chávenas através de um robô com 4 estações de colagem com 2 unidades de enchimento cada, algo que até ao momento não existe nesta secção de trabalho (MR3)

Partes Interessadas:

- Gabriel Faísca
- Costa Verde
- Universidade de Aveiro

2. ANÁLISE DE VIABILIDADE

Custo:

CAPEX: Custo de investimento predominante na construção do quadro elétrico, robô e a reparação de componentes já existentes

OPEX: Custos do pessoal de manutenção

Benefício:

Produtividade, Disponibilidade Máquina, Precisão do processo, Redução da necessidade de manutenção, Fiabilidade, Fluxo de chávenas coladas mais estável, Autonomia, Personalização facilitada (robô e autómato), Segurança

3. ANALISE DE RISCOS

Nº Risco	Risco	Ação de Mitigação	Responsável	Estado
1	Atraso por parte da Bresimar no que toca à entrega do robô e quadro elétrico	Visitas à empresa Bresimar juntamente com o Sr. Telmo	Eng. Francisco Proença	Pendente
2	Atraso na entrega de material de reparação de componentes (cilindros, válvulas, etc..)	Fazer o levantamento de material o mais cedo possível	Gabriel Faísca	Em curso
3	Dificuldade no processo de montagem do sistema	Analisar previamente todos os esquemas de ligações e esclarecer dúvidas com o Sr. Telmo	Gabriel Faísca	Em curso
4	Deteção tardia do mau estado de alguns componentes	Analisar todos os componentes existentes o mais cedo possível e encomendar os que estão em falta	Gabriel Faísca	Em curso

4. CRONOGRAMA DO PROJETO

Equipa Permanente:


- Gabriel Faísca
- Sr. Telmo Pereira
- Eng. Francisco Proença
- Eng. Jorge Ferreira

Entregáveis:

- Esquemas de alimentação
- Levantamento de material a encomendar (kanbans)
- Programa de autómato
- Relatório de estágio

Nota: Cronograma em Anexo

FRC 0.103_3



EDIÇÃO: 3 (10/2016)

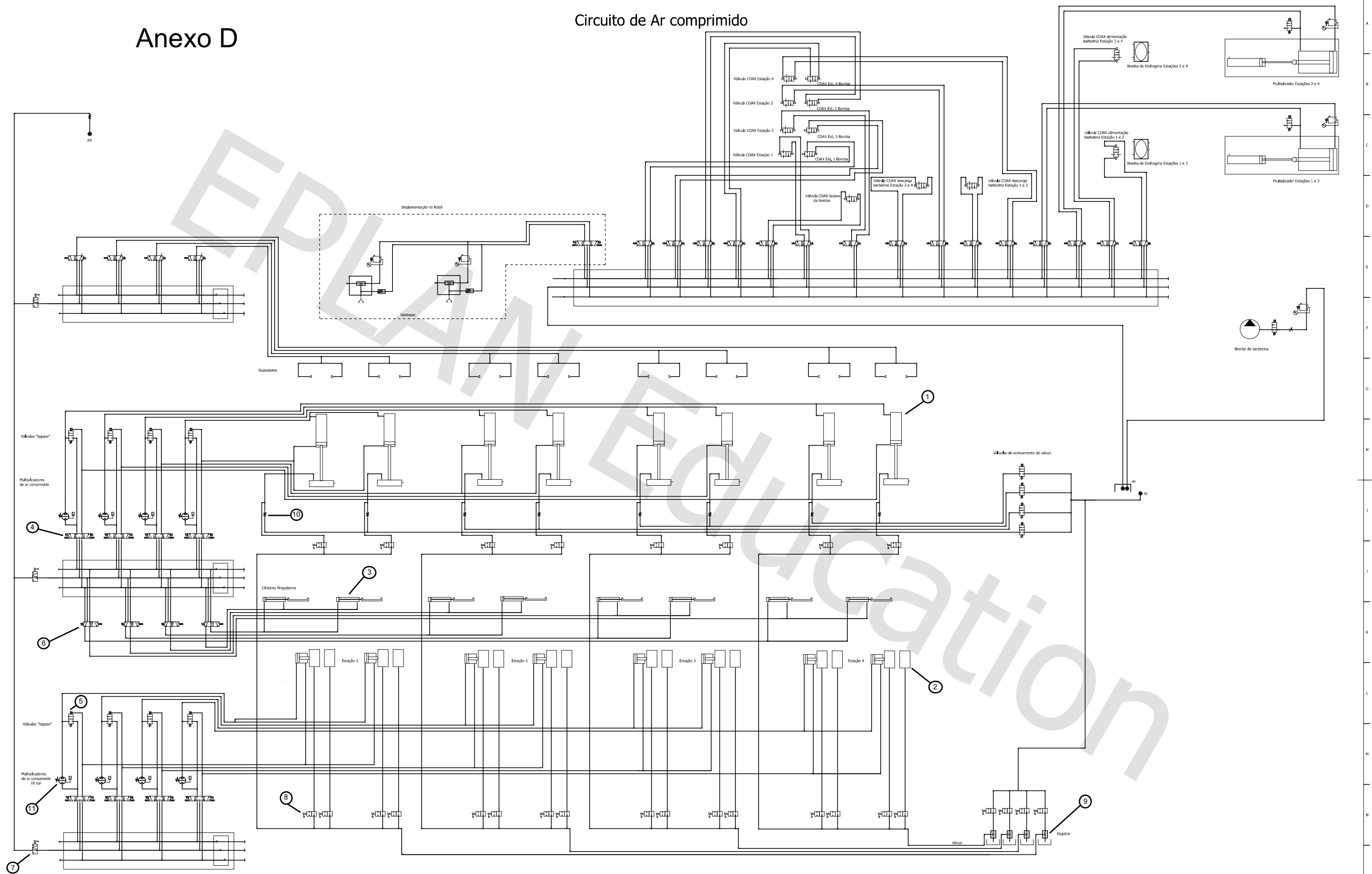
Pág. 1 de 1

Anexo C.1

GABRIEL		TAREFAS	Semana																			
			14/4 21/4 28/4 5/5 12/5 19/5 26/5 2/6 9/6 16/6																			
			11/2	24/2	31/0	10/3	19/3	24/3	31/3	7/4	14/4	21/4	28/4	5/5	12/5	19/5	26/5	2/6	9/6	16/6		
			S. 7	S. 8	S. 9	S. 10	S. 11	S. 12	S. 13	S. 14	S. 15	S. 16	S. 17	S. 18	S. 19	S. 20	S. 21	S. 22	S. 23	S. 24		
OBJECTIVO	EXECUÇÃO DE UM EQUIPAMENTO PARA APLICAÇÃO DE ASAS NA CORPO DAS CHÁVENAS, POR UM SISTEMA ROBOTIZADO	1 - Familiarização com o sistema produtivo da CV																				
		2 - Planeamento para a construção da solução, 1 robot e 8 estações de enchimento de asas																				
		3 - Montagem do robot e da estrutura																				
		4 - Montagem da estação de colagem																				
		5 - ontagens das bombas, multiplicadores e válvulas dos circuitos de barbotina e ar comprimido																				
		6 - Colocação do Programa de Comando de enchimento de barbotina																				
		7 - Implementação do sistema de comando em autómato																				
		8- Execução do programa de tarefas do robot																				
		9 - Teste para validação																				
		10 - Relatória de estágio																				
		MES	FEV			MAR			ABR			MAI			JUN							

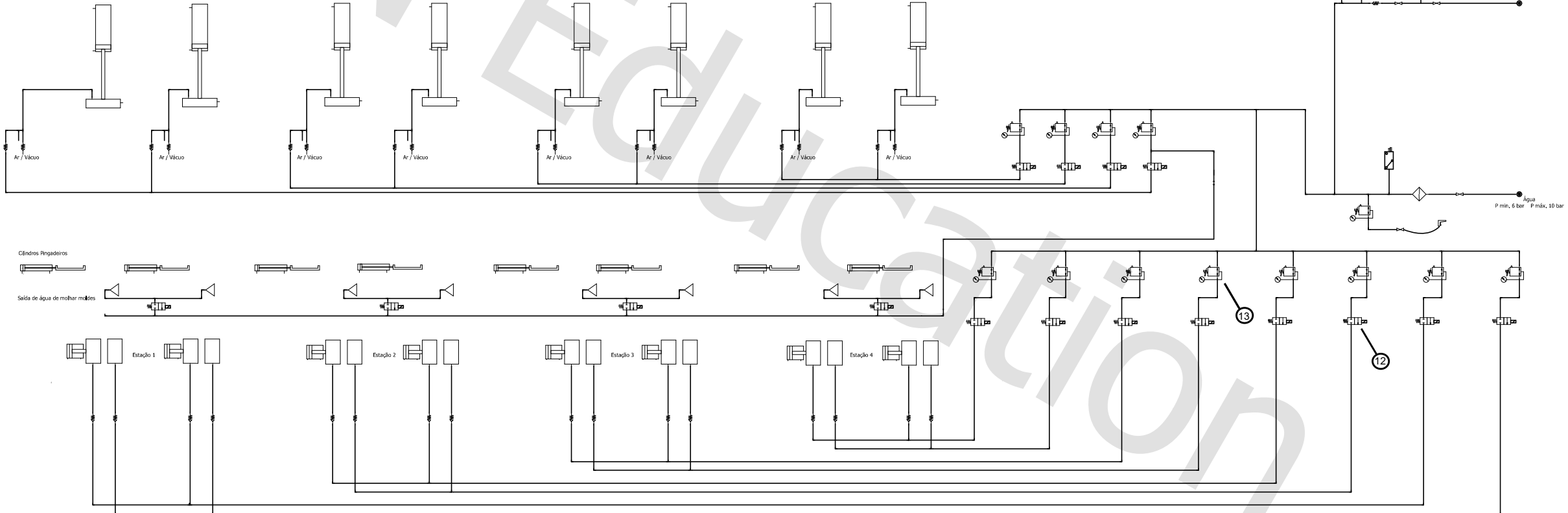
Anexo D

Circuito de Ar comprimido

[illegible]

Anexo E

Circuito de Água

[illegible]

Anexo F

Circuito de barbotina

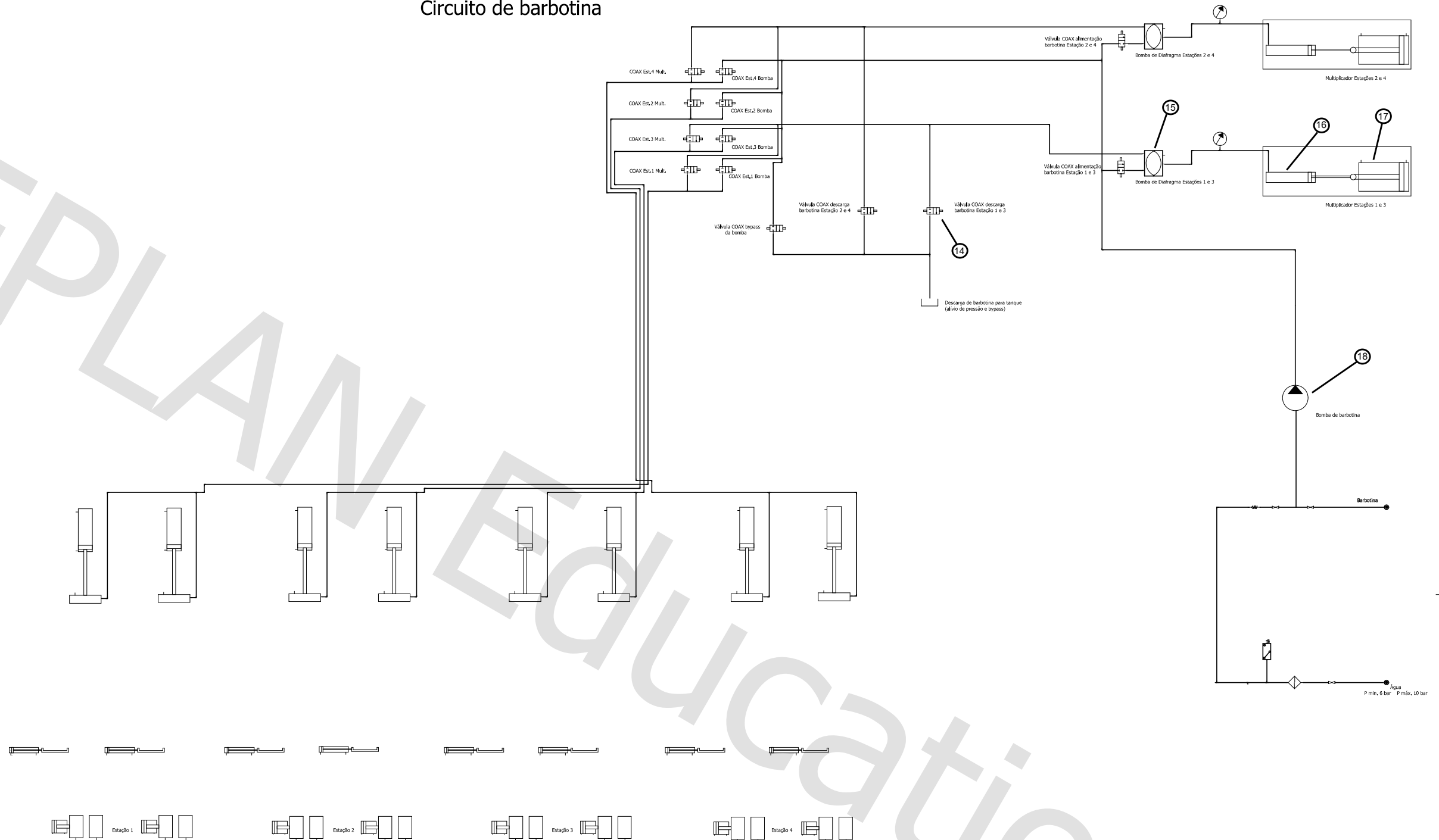
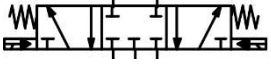

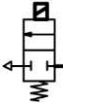




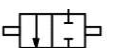
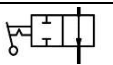
[illegible]



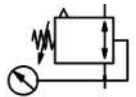





Tabela de componentes dos esquemas de alimentação

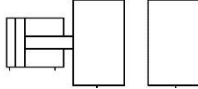
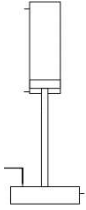





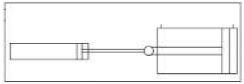
Número	Referência / Descrição
1	Cilindro Festo DNC 50 350-PPV-A
2	Cilindro SMC ECQ2B10050D
3	Cilindro Festo ADVULQ-12-120-A-P-A
4	Válvula 5/3 CPE18M1H53G14
5	Válvula 3/2 Camozzi 334-035
6	Válvula 5/2 CPE18M1H5L14
7	Válvula 3/2 QSHA 33810
8	Válvula 2/2 HE2QS8
9	Gerador de Vácuo Camozzi VAD 3/8
10	Válvula Camozzi VNR-843-07
11	Multiplicador DUE 230 A
12	Válvula 2/2 Buschjost 8240200910102400
13	Variador de pressão Honeywell DRW H12
14	Válvula 2/2 Coax VMJ 15 NC 54 15 C3 ½"
15	Membrana do multiplicador de barbotina
16	Cilindro Festo DNC 40 160 PPV-A
17	Cilindro Festo DNC 100 200 PPV-A
18	Bomba barbotina Sandpipe 1" de esferas


















Anexo G



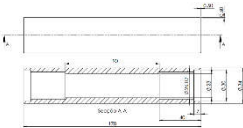











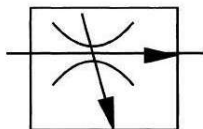
Levantamento de material – Máquina de colagem de asas MR3 - Gabriel Faísca

Quantidade	Descrição	Referência	Fluido operante	Aplicação	Atuação	Símbolo	Estado de material em stock	Referência do material em stock /nota	Preço sem IVA
9	Válvula solenoide distribuidora 5/3	CPE18M1H53G14	Ar	4- cil.verticais; 4- cil. horizontais; 1- ventosas robô	Elétrica		8 prontas, 1 em falta mas adaptável com semelhante da festo	CPE18M1H53G14	0 €
23	Válvula solenoide distribuidora 5/2	CPE18M1H5L14	Ar	4- sopradores; 4- cil. aparadeiras; 13- controlo COAX e multiplicadores	Elétrica		Encomendadas e recebidas	Camozzi 354-015-02	0 €
15	Válvula solenoide distribuidora 2/2	M214 ou Camozzi 334-035 (com tampa)	Ar	2-Alimentação cil. de multiplicadores; 4- acionamento de vácuo; 1- bomba barbotina	Elétrica		15 Camozzi 334-035 encomendadas e recebidas		15*23,12= 346,8 €
16	Válvula solenoide distribuidora 2/2	Buschjost 8240200910102400	Água	Alimentação de água nos moldes	Elétrica		6 novas recebidas e 12 desmontadas	Buschjost 8240200910102400	pendente
3	Válvula distribuidora 3/2	QSHA 33810	Ar	Alimentação dos blocos de ligações de ar	Manual		Torneiras existentes adaptáveis		0 €
13	Válvula distribuidora COAX	VMK 15 NC 54 15 C3 ½"	Barbotina	Alimentação dos moldes de barbotina	Pneumática		6 prontas a utilizar, 3 por reparar, 4 encomendadas	VMK 15 NC 54 15 C3 ½"	6*87,40 (vedantes) + 6*55,60 (tubo comando) + 2* 567 €
28	Válvula de corte manual	HE2QS8	Ar	Vácuo dos moldes	Manual		Em stock	HE2QS8	0 €

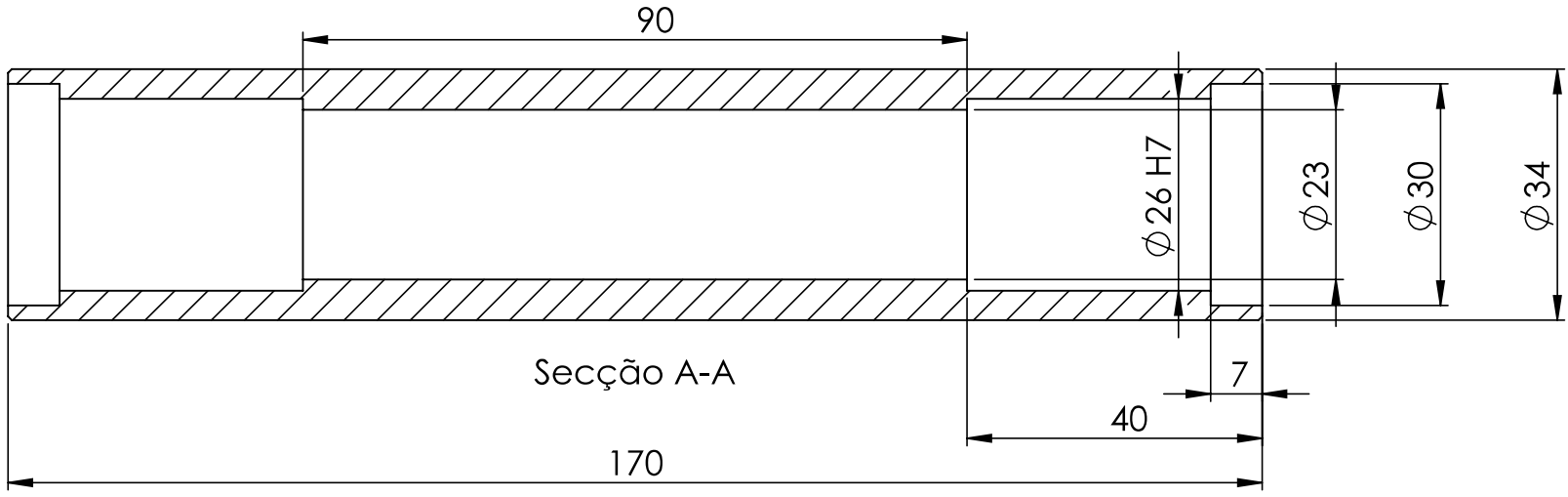
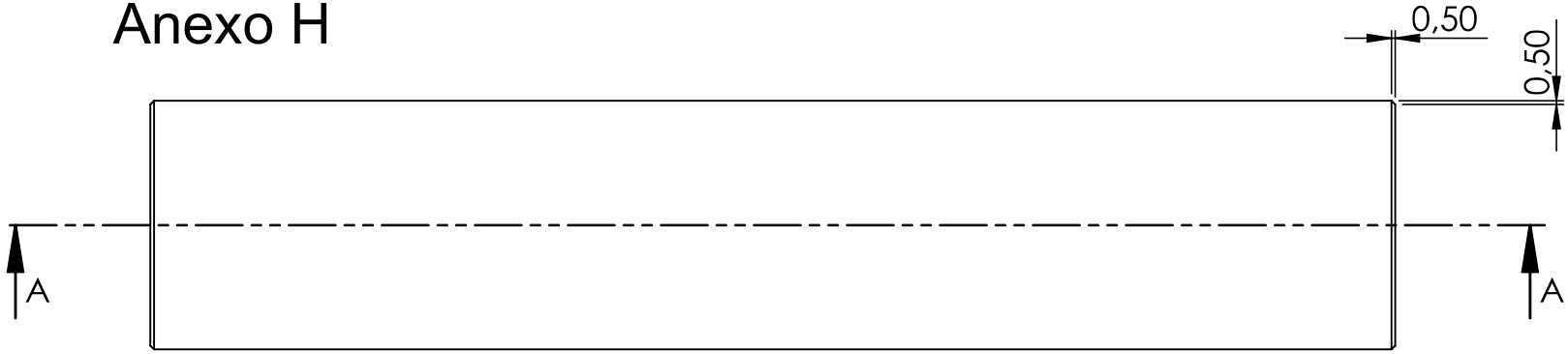
Quantidade	Descrição	Referência	Fluido operante	Aplicação	Atuação	Símbolo	Estado de material em stock	Referência do material em stock /nota	Preço sem IVA
8	Válvula anti-retorno	Camozzi VNR-843-07	Ar	Admissão de ar para o vácuo, 1 para cada estação			30 montadas na MR3	Camozzi VNR-843-07	0 €
13	Redutor / variador de pressão de água	DRW H12	Água	12 -Admissão de água nos moldes; 1- Torneira de saída de água para limpeza	Manual		13 Encomendados	Material tem de ser novo	120 * 13 = 1560 €
8	Multiplicador de ar + bypass	DUE 230 A + Camozzi 334-035	Ar	Admissão / multiplicação de ar nos cilindros	Pneumática		Multiplicadores encomendados e recebidos	Camozzi 334-035	600 * 8 + 4 * 23,12 = 4892,48 €
1	Redutor / variador de pressão de abastecimento do ar comprimido à máquina	Festo LR-D-7 MIDI AD43	Ar	Abastecimento geral de ar comprimido à máquina	Manual		Montado na atual MR3 e em stock na sucata	Festo LR-D-7 MIDI AD43	0 €
1	Filtro de ar	Camozzi MC-104-D00	Ar	Filtração de ar comprimido			Montado na atual MR3	Camozzi MC-104-D00	0 €
1	Bomba de barbotina	1" de esferas	Barbotina	Alimentação do circuito de barbotina	Pneumática e elétrica		Encomendada e recebida	Bomba nova	800 €

Quantidade	Descrição	Referência	Fluido operante	Aplicação	Atuação	Símbolo	Estado de material em stock	Referência do material em stock /nota	Preço sem IVA
8	Cilindro horizontal de curto curso	SMC ECDQ2B10050D	Ar	Compressão horizontal dos moldes	Pneumática		Kits de reparação encomendados, 10 montados na MR3 e 8 desmontados. Update: kits recebidos	SMC ECDQ2B10050D	8 * 23=184 €
8	Cilindros verticais	Festo DNC 50 350 – PPV-A	Ar	Compressão vertical dos moldes	Pneumática		Todos os cilindros reparados	Festo DNC 50 350 PPVA Retentores 20*28*4	pendente
8	Cilindros pequenos	Festo ADVULQ-12-120-A-P-A	Ar	Cilindros das aparadeiras	Pneumática		5 novos em stock, 4 encomendados e 10 montados na MR3 Update: 4 recebidos	Festo ADVULQ-12-120-A-P-A	4 * 73,22 =292,88€
32	Mangas Igus	Igus DryLin R – 12 JUM – 02 -20		Substituição dos rolamentos lineares das guias dos cilindros verticais			32 encomendadas e recebidas		32*9,55 = 305,6 €
2	Multiplicadores	Festo DNC-100- 200 – PPV-A + Festo DNC 40 160 PPV-A + Bomba de membrana	Ar e água	Compressão e injeção de pasta nos moldes	Pneumática		Cilindros dos multiplicadores já todos reparados	Festo DNC-100- 200 – PPV-A + Festo DNC 40 160 PPV-A	2*106,87 + 2* 60,90 =335,14 €

Quantidade	Descrição	Referência	Fluido operante	Aplicação	Atuação	Símbolo / imagem	Estado de material em stock	Referência do material em stock /nota	Preço sem IVA
6	Geradores de vácuo	VAD 3/8	Ar comprimido	Gera vácuo na secagem dos moldes (4) e ventosas do robô (2)	Pneumática		1 em stock desmontado e por limpar, 4 encomendados. Para as ventosas há 5 montados na MR3	VAD 3/8	Pendente
1	Escovilhão de diâmetro 26 mm para retificação dos tubos das guias horizontais			Retificação dos tubos das guias horizontais	Ligação ao berbequim		Recebido (diâmetro 20mm)		4,99 €
32	Raspadores para veio de 20 mm	Trelleborg WAP000200-N9T60		Limpeza das guias horizontais e verticais			Rapsadores aplicados com casquilhos antigos, 32 raspadores com anilha encomendados	Trelleborg WAP000200-N9T60	
32	Retentores para veio de 20 mm	Scraper WRM – WAP00200-N9MN		Retenção nos cilindros de compressão vertical			12 em stock, restantes encomendados e recebidos		
32	Casquilhos (mangas) lineares IGUS	IGLIDUR M250 MSM-2026-30		Substituição dos casquilhos existentes nas guias de compressão horizontal			Encomendados e recebidos		0,88*32=28,16 €
25 metros	Calha PVC 30*30	LF3003007030		Cablagem nas estações de colagem			Encomendado e recebido		25*1,55= 38,75 €

Quantidade	Descrição	Referência	Fluido operante	Aplicação	Atuação	Símbolo / imagem	Estado	Referência do material em stock /nota	Preço sem IVA
16	Tubos de guias horizontais			Guiamento da parte móvel do molde (compressão horizontal)			Encomendados e recebidos		
14	Varões guias verticais			Guiamento da parte do molde (compressão vertical)			Encomendados e recebidos		
16	Sensores de posição cilindros horizontais	SMC D-A80		Deteção da posição do êmbolo dos cilindros	Elétrica (24V)		Encomendados e recebidos		
40	Sensores de posição cilindros verticais	Festo 150 855 N513		Deteção da posição do êmbolo dos cilindros	Elétrica (24V)		Encomendados e recebidos		
4	Reguladores de caudal	GRO-1/8-B Festo <i>Flow control valve</i>	Ar comprimido	Regular o caudal de ar nos cilindros dos multiplicadores (velocidades)	Manual		Em stock	2 * Camozzi RFU-446	

Anexo H



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH:			DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION		
DRAWN		NAME Gabriel Falsca		SIGNATURE		DATE		18/4/2017		TITLE: Tubo guia máquina de asas			
CHK'D													
APPV'D													
MFG													
Q.A													
										DWG NO. desenho_tubo_1			
										SCALE:1:1			
										SHEET 1 OF 1			

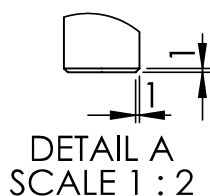
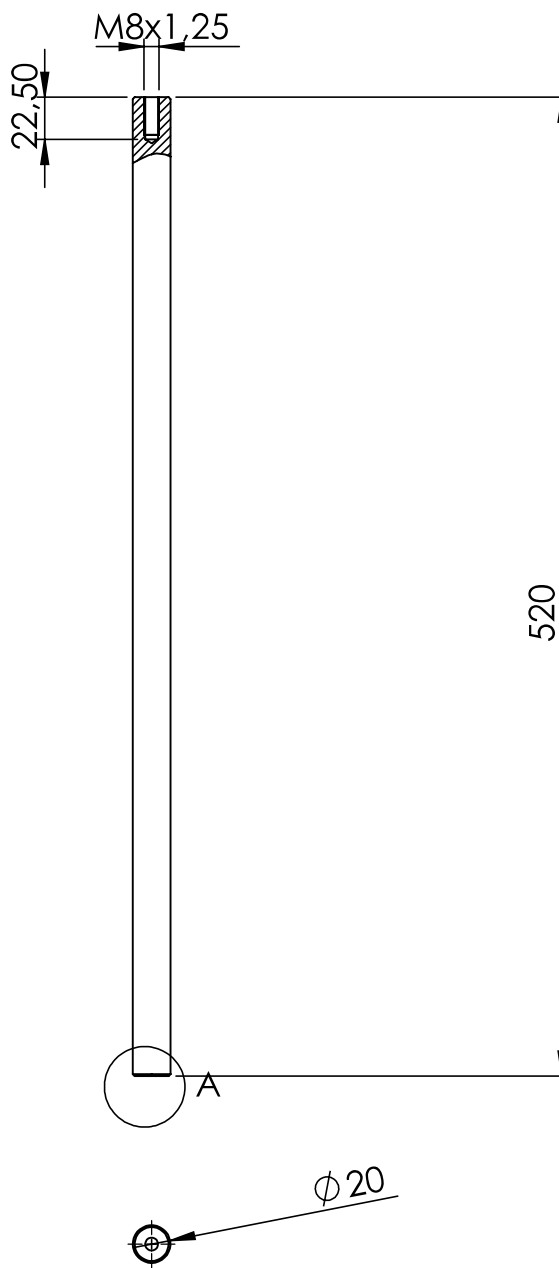
SOLIDWORKS Student Edition.
For Academic Use Only.

MATERIAL:
Alumínio comum

DWG NO.
desenho_tubo_1

A4

Anexo I



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

Cromo duro

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

NAME	SIGNATURE	DATE	27/4/2017
DRAWN Gabriel Faisca			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A.			

SOLIDWORKS Student Edition.
For Academic Use Only.

Aço inoxidável

TITLE:

Tubo guia

DWG NO.

tubo

A4

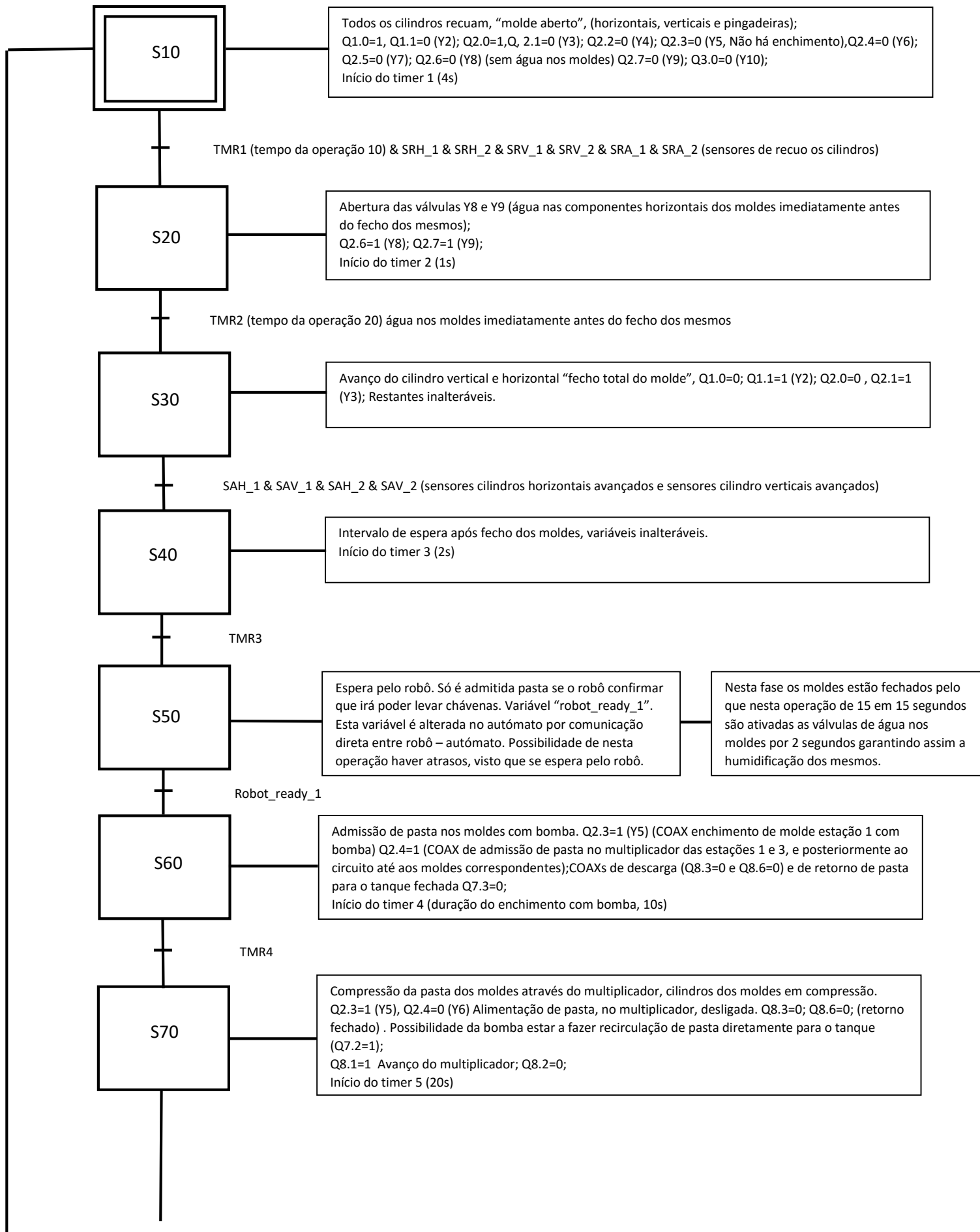
WEIGHT:

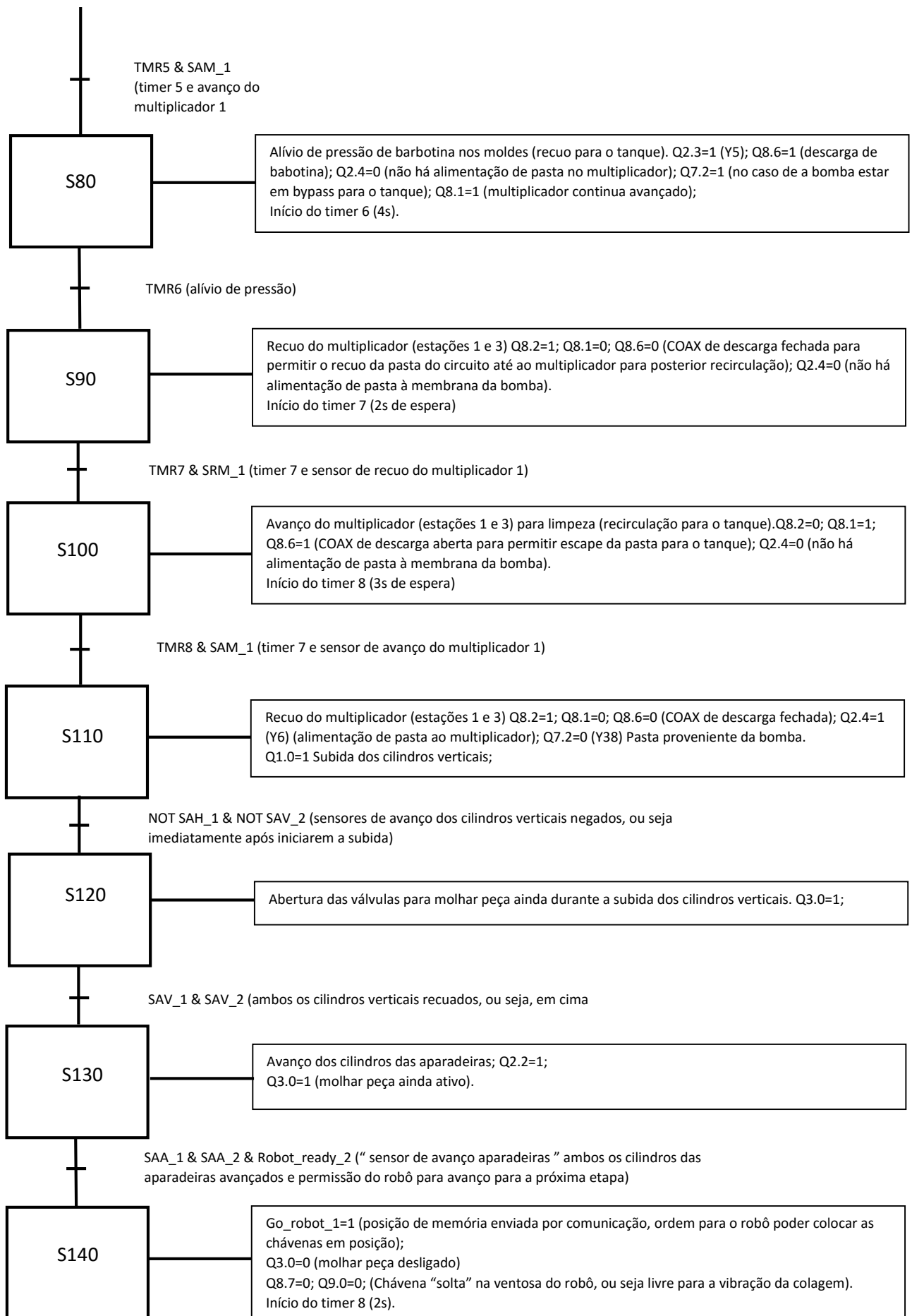
SCALE:1:4

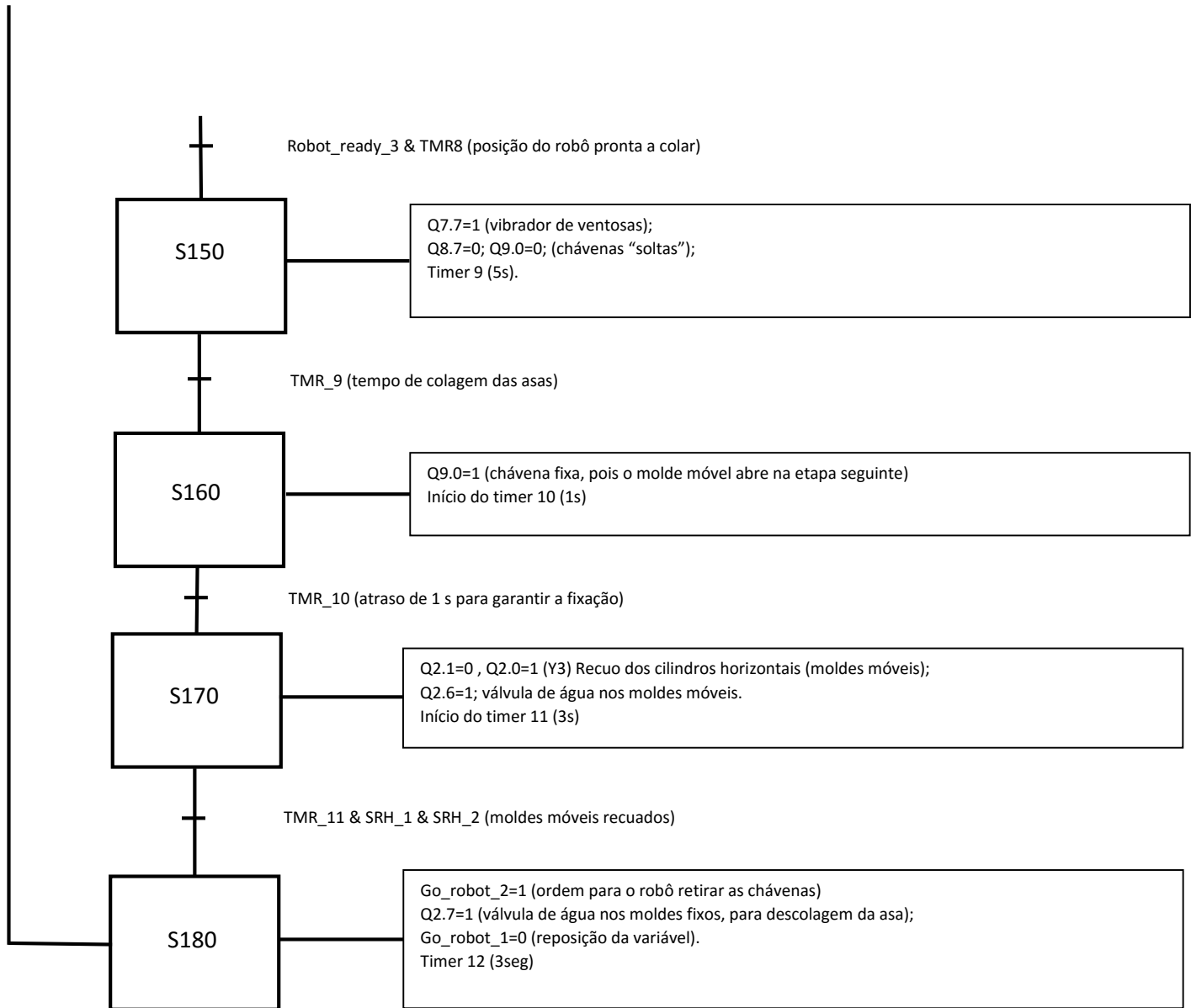
SHEET 1 OF 1

Anexo J

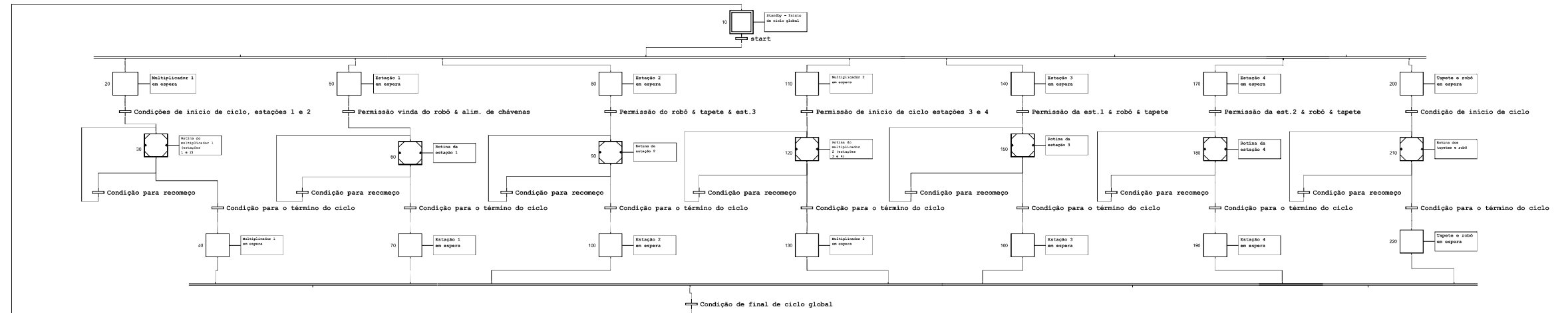
Grafcet estação individual – baixo nível



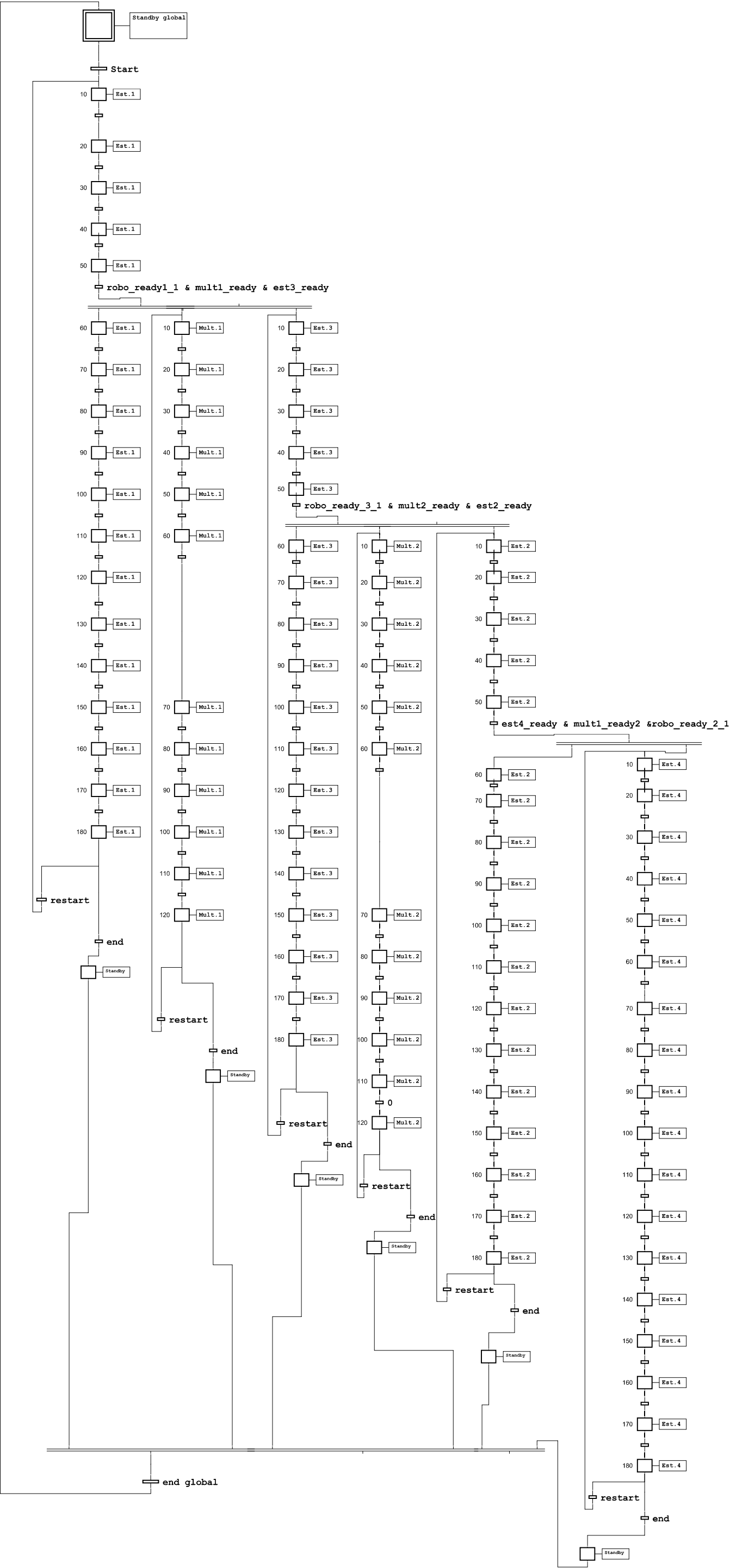




Anexo K Grafcet global



Anexo L Grafcet global





Folha	2
Página	4 / 4

Cronograma com desdobramento de prazos reais

[illegible]

[illegible]